



Esta obra está bajo una [Licencia  
Creative Commons Atribución-  
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**  
**FACULTAD DE ECOLOGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**  
**CONCURSO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN PARA TESIS A**  
**NIVEL DE PREGRADO 2019**



**Relación del proceso de sedimentación de sólidos totales del agua residual y el  
estado de las redes de alcantarillado pluvial, Moyobamba**

**Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario**

**AUTOR:**

**Bany Luz Quispe Burga**

**ASESOR:**

**Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza**

**Código N°6051019**

**Moyobamba- Perú**

**2020**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**  
**FACULTAD DE ECOLOGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**  
**CONCURSO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN PARA TESIS A**  
**NIVEL DE PREGRADO 2019**




**Relación del proceso de sedimentación de sólidos totales del agua residual y el  
estado de las redes de alcantarillado pluvial, Moyobamba**

**AUTOR:**

**Bany Luz Quispe Burga**

**Sustentada y aprobada el 30 de diciembre del 2020, por los siguientes jurados:**

  
.....  
**Ing. M. Sc. Mirtha Felicita Valverde Vera**  
**Presidente**

  
.....  
**Blgo. M. Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez**  
**Secretario**

  
.....  
**Lic. M. Sc. Roydichan Olano Arévalo**  
**Miembro**

  
.....  
**Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza**  
**Asesor**

## **Declaratoria de autenticidad**

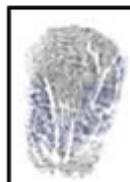
**Bany Luz Quispe Burga**, con DNI N° 75687965, egresada de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ecología de la de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, autor de la tesis titulada: **Relación del proceso de sedimentación de sólidos totales del agua residual y el estado de las redes de alcantarillado pluvial, Moyobamba.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Moyobamba, 30 de diciembre del 2020.



.....  
**Bach. Bany Luz Quispe Burga**

DNI N° 75687965



**Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis**

**1. Datos del autor:**

Apellidos y nombres:	<i>Quispe Burga Barry Luz</i>		
Código de alumno :	<i>75687965</i>	Teléfono:	<i>942283696</i>
Correo electrónico :	<i>blquispeb@alumno.unsm.edu.pe</i> DNI: <i>75687965</i>		

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

**2. Datos Académicos**

Facultad de:	<i>Ecología</i>
Escuela Profesional de:	<i>Ingeniería Sanitaria</i>

**3. Tipo de trabajo de investigación**

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	( )
Trabajo de suficiencia profesional	( )		

**4. Datos del Trabajo de investigación**

Título :	<i>Relación del proceso de sedimentación de sólidos totales del agua residual y el estado de las redes de alcantarillado pluvial, Moyobamba</i>
Año de publicación:	<i>2020</i>

**5. Tipo de Acceso al documento**

Acceso público *	(X)	Embargo	( )
Acceso restringido **	( )		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:


**6. Originalidad del archivo digital.**

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

## 7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



Firma y huella del Autor

## 8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

11 / 05 / 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - T.  
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e  
Innovación de Acceso Abierto - UNSM-T.

Ing. M. Sc. Alfredo Ramos Perea  
Responsable

**\* Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**\*\* Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

## **Dedicatoria**

A mi Escuela Profesional y  
mis queridos docentes que me  
brindaron conocimientos día  
a día en las aulas

A mis compañeros de la  
promoción 2019 – I por su  
apoyo y compañía durante  
cinco años de estudio y  
esfuerzo.

A mi madre DORIS LEONOR  
BURGA GOICOCHEA, mi hija  
ALEJANDRA RODRIGUEZ  
QUISPE, y mis hermanos.

## **Agradecimiento**

A mi familia Doris Leonor Burga Goicochea, Geidy Quispe Burga, Jersson Quispe Burga y Kristen Alejandra Rodríguez Quispe, por estar a mi lado cada día de mi vida.

A mis mejores amigos, compañeros y aliados: Noé Castro Marina, José Manuel Cruz Quintos, Juan Cruz Sánchez, Klintong Cayao Cubas, Reyser Lider Cachay Villegas, Yordan Vásquez Villa; por la compañía y comprensión.

A mi asesor Yrwin Francisco Azabache Liza, mi mentor y apoyo durante todos mis ciclos dentro de la universidad.



## Índice

Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento .....	vii
Resumen .....	xii
Abstract.....	xiii
 Introducción.....	 1
 CAPÍTULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	 4
1.1. Antecedentes de la investigación .....	4
1.2. Bases teóricas .....	6
1.2.1. Alcantarillas.....	6
1.2.2. Sólidos .....	11
1.2.3. Proceso de sedimentación.....	12
1.3. Definición de términos básicos .....	14
 CAPÍTULO II MATERIAL Y METODOS .....	 16
2.1. Materiales .....	16
2.2. Métodos .....	18
 CAPITULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	 26
3.1. Caudal de diseño con el arrastre de sólidos totales en las redes de alcantarillado, en época de estiaje y avenidas .....	26
3.2. Caudal, espacio y tiempo de la sedimentación de sólidos sedimentables en las aguas residuales de las alcantarillas pluviales (Av. Ignacia Velásquez) de Moyobamba .....	29
3.3. Estado de la red de alcantarillado público combinado de la ciudad de Moyobamba...	39
3.4. Discusión de resultados .....	46
 CONCLUSIONES.....	 49
 RECOMENDACIONES .....	 50
 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	 51
 ANEXOS .....	 55
Anexo 01: plano de vía (av. Ignacia Velásquez) .....	56

Anexo 02: Panel fotográfico .....	57
Anexo 03: Tablas de factores.....	60
Anexo 04: Análisis granulométrico .....	61
Anexo 05: plano de curvas de nivel.....	67
Anexo 06: Datos de precipitaciones del SENAMHI .....	69
Anexo 07: Datos de pre dimensionamiento de alcantarilla pluvial .....	71

## Índice de tablas

Tabla 1. Primer aforo en época de estiaje.....	26
Tabla 2. Segundo aforo en épocas de estiaje .....	27
Tabla 3. Primer aforo en épocas de avenidas .....	27
Tabla 4. Segundo aforo en épocas de avenidas .....	28
Tabla 5. Primer análisis de sólidos sedimentables .....	29
Tabla 6. Segundo análisis de sólidos sedimentables .....	30
Tabla 7. Cuarto análisis de sólidos sedimentables .....	31
Tabla 8. Quinto análisis de sólidos sedimentables .....	31
Tabla 9. Análisis de solidos suspendidos en épocas de estiaje.....	32
Tabla 10. Sexto análisis de sólidos sedimentables .....	32
Tabla 11. Séptimo análisis de sólidos sedimentables .....	33
Tabla 12. Octavo análisis de sólidos sedimentables.....	33
Tabla 13. Noveno análisis de sólidos sedimentables.....	34
Tabla 14. Décimo análisis de sólidos sedimentables.....	34
Tabla 15. Segundo análisis de solidos suspendidos en época de avenidas.....	35
Tabla 16. Caudal, espacio y tiempo de la sedimentación .....	36
Tabla 17. Análisis de sedimentación en época de estiaje .....	37
Tabla 18. Análisis de sedimentación en época de avenida.....	37
Tabla 19. Análisis granulométrico y detalles .....	38
Tabla 20. Tipos de granulometría.....	39
Tabla 21. Importancia de incidencias .....	43
Tabla 22. Identificación de peligros y riesgos .....	44
Tabla 23. Determinación de Factor de Corrección Fc para cálculo de caudales.....	60

## Índice de figuras

Figura 1. Ubicación del área de estudio .....	19
Figura 2. Cono Imhoff para análisis de sólidos sedimentables .....	22
Figura 3. Triangulo del teorema de Pitágoras.....	24
Figura 4. Curvas de nivel de la zona de estudio .....	40
Figura 5. Medidas de la pendiente en shango.....	41
Figura 6. Pre dimensionamiento de alcantarilla 1° tramo .....	45
Figura 7. Pre dimensionamiento de alcantarilla 2° y 3° tramo.....	46
Figura 8. Caudal del alcantarillado bajo en época de estiaje .....	57
Figura 9. Caudal del alcantarillado alto en época de estiaje.....	57
Figura 10. Caudal del alcantarillado alto en época de avenidas .....	58
Figura 11. Estado físico de tuberías de metal.....	58
Figura 12. Estado físico de alcantarillas .....	59



## Resumen

La situación de las redes de alcantarillado pluvial en la ciudad de Moyobamba, presenta serios problemas relacionados a su uso, el objetivo de la investigación fue: Evaluar la sedimentación en relación al estado de las redes de alcantarillado pluvial, Moyobamba; y utilizando el método de aforo con flotador y el método gravimétrico se determinó que el caudal mínimo fue  $0,087 \text{ m}^3/\text{s}$  en época de estiaje y el máximo es de  $2,42 \text{ m}^3/\text{s}$ ; así mismo la menor cantidad de sólidos sedimentables es de  $0,12 \text{ mg/L}\cdot\text{h}$  y mayor fue  $1,33 \text{ mg/L}\cdot\text{h}$ , considerando como mayor cantidad la presencia de un 86,54 % de arenas, además según criterios establecidos por el Water Resource Center (WRC) de Inglaterra la calidad de la alcantarilla es mala y el nivel de corrosión es alto; y se identificaron los principales problemas relacionado a la sedimentación en la red de alcantarillado, determinada por la presencia de residuos sólidos como: trapos, plásticos y vidrios, además de arena y piedras. Concluyendo que la sedimentación en las redes de alcantarillado tiene relación con el estado de las redes de alcantarillado por lo que se debe controlar la cantidad de residuos que se lanzan a la alcantarilla, además de mejorar la infraestructura actualmente indicada.

**Palabras clave:** alcantarillado, pluvial, sedimentación, flotador, estiaje, avenida.

## Abstract

The situation of the pluvial sewerage networks of the city of Moyobamba presents serious problems related to their use. The objective of the research was: To evaluate sedimentation in relation to the state of the pluvial sewerage networks, Moyobamba. Using the float gauging method and the gravimetric method, it was determined that the minimum flow was 0.087 m<sup>3</sup>/s during the low water season and the maximum flow was 2.42 m<sup>3</sup>/s; likewise, the lowest amount of settleable solids was 0.12 mg/L\*h and the highest was 1.33 mg/L\*h, considering the presence of 86.54 % of sand as the largest amount. In addition, according to criteria established by the Water Resource Center (WRC) of England, the quality of the sewer is poor and the level of corrosion is high; the main problems related to sedimentation in the sewer system were identified, determined by the presence of solid waste such as rags, plastics and glass, as well as sand and stones. The conclusion is that sedimentation in the sewage networks is related to the condition of the sewage networks, so the amount of waste that is thrown into the sewers must be controlled, in addition to improving the currently mentioned infrastructure.

**Key words:** sewer, pluvial, sedimentation, float, low water level, avenue.



## **Introducción**

Relacionar la disponibilidad de agua con la gestión adecuada de las aguas servidas constituye un extenso dilema, debido a la amplitud diferencial, que existe; pues es notoria entre los servicios brindados en los sistemas de agua potable como en los sistemas de saneamiento en las urbes locales y mundiales, el agua que se dispone y se distribuye a través de las tuberías de saneamiento público, es el vector principal de proliferación de bacterias infecciosas y dañinas para la salud. En el diario chileno La Tercera (2015), menciona que la pérdida de continuidad de alcantarillado, y el desplazamiento de grandes tierras, más el lodo contaminado, obviamente incorpora una mayor cantidad de roedores, es de preocuparse de que, en albergues, centros de salud y de acopio de alimento se eliminen estas plagas; lo que implicaría los grandes problemas de acumulación de sólidos y materia orgánica traería para esa zona.

Se dice que la posibilidad de tener un sistema de saneamiento público, no se relaciona con los conocimientos necesarios para saber cuidarlo, contar con una red de disposición de aguas residuales públicas puede no ser suficiente para ciertas características, climáticas, topográficas y poblacionales típicas y propias de cada lugar; para comenzar es claro incidir que son 6 millones de peruanos los que no cuentan con una red y sistema de saneamiento (PALACIOS, 2016); donde sí existen las redes de disposición, son los pobladores quienes están lidiando con situaciones que agravan su funcionamiento pues: el crecimiento poblacional, más los constantes cambios climáticos entre otros, hacen que las pocas redes existentes en nuestro país colapsen y se obstruyan.

Varios estudios muestran que la acumulación de sedimentos depende de factores tales como: características del sedimento (físicos, químicos), características del sistema de alcantarillado (tamaño, pendiente, rugosidad), características del flujo (velocidad, grado de inestabilidad) y otros factores como la basura esparcida que se barre de las calles y se arrastra con las aguas. La acumulación de sedimentos por largos periodos de tiempo, hace que la materia orgánica empiece a ser degradada por micro organismos heterótrofos adheridos a los sólidos y a una biopelícula desarrollada en las paredes de la tubería (RAMOS Y FLORES, 2008).

Las obras hidráulicas de conducción y almacenamiento en Perú, tienen un papel importante en el desarrollo del país. Su construcción es ejemplo del avance tecnológico nacional y ha respondido permanentemente al objetivo de aprovechar racionalmente un recurso como el agua, que es estratégico para el desarrollo sostenible del país. En tal sentido, estimar la producción de sedimentos más acertadamente resulta necesario. Ya que la sobreestimación de sedimentos añade un innecesario costo a las estructuras involucradas, por otro lado, subestimarlos llevará a dejar fuera de servicio infraestructura antes de tiempo. Queda claro que las obras hidráulicas son costosas, y al quedar fuera de operación ocasionan una pérdida económica (MERCADO, 2014).

En la ciudad de Moyobamba, es muy común observar como los buzones recolectores de las aguas servidas colapsan al sobrepasar sus límites de contención, esto suceden generalmente cuando llueve y por motivos de residuos sólidos sedimentables se obstruyen; por lo tanto, no siendo necesarios las lluvias torrenciales para provocar el colapso de las mismas. En la localidad de Moyobamba, existe un sistema de alcantarillado combinado situación tal que permite su fácil obstrucción pues arrastra consigo sedimentos, materia orgánica y muchos otros sólidos que por ignorancia son arrojados al alcantarillado urbano.

Así mismo cabe mencionar que dentro de la ciudad, existen alcantarillas cuya infraestructura de construcción, no se encuentra muy bien protegida del exterior, por lo que la Avenida Ignacia Velásquez es un claro ejemplo de problemas sanitarios y estructurales, el mismo que contiene agua residual, con un alto contenido de sólidos totales disueltos, los cuales se pueden observar sedimentados en épocas de estiaje y en épocas de lluvia estos contienen un caudal bastante elevado, y más porque en esta zona de la avenida existe un gran pendiente (Bajada de Shango), este imposibilita la adecuada relación de caudales y características propias del agua residual, es por ello que para la tesis se investigó: ¿Cuál es la evaluación de la sedimentación en relación al estado de las redes de alcantarillado pluvial, Moyobamba?, y el objetivo general fué: Evaluar la sedimentación en relación al estado de las redes de alcantarillado pluvial, Moyobamba, además los objetivos específicos fueron: calcular el caudal de diseño con el arrastre de sólidos totales en las redes de alcantarillado, en época de estiaje y avenidas; determinar el caudal, espacio y tiempo de la sedimentación de sólidos sedimentables en las aguas residuales de las alcantarillas pluviales (Av. Ignacia Velásquez) de Moyobamba e identificar el estado de la red de alcantarillado público combinado de la ciudad de Moyobamba.



La variable independiente fue: los sólidos sedimentables de las aguas residuales y la variable dependiente el estado de las redes de alcantarillado. La ciudad de Moyobamba y muchas de las otras ciudades de nuestro país se encuentran a menudo atravesando problemas de mantenimiento por obstrucción de las redes de aguas servidas, las cuales tienden por la mala práctica y otras características a obstruirse; estas molestias están altamente arraigadas a los sólidos, materia orgánica y grasas emitidas por las viviendas. El no tener la posibilidad de un adecuado sistema de saneamiento nos genera problemas reflejados en las tasas de morbilidad aplicadas por el Instituto Nacional de Estadística, según la OMS (2017) solo un 31% de los habitantes de zonas rurales de países en desarrollo gozan de servicios mejorados de saneamiento, frente a un 73 % de las zonas urbanas a nivel mundial.

Las aguas servidas en nuestros hogares, son llevadas a la red colectora de agua residual, esta pasa a verterse sin previo tratamiento a la red, y se fortalece mucho más en el camino, ya que se van añadiendo otro tipo de sólidos (residuos orgánicos y/o residuos inorgánicos). Existe además otro problema relacionado a la disponibilidad de tener un sistema de alcantarillado combinado, este mismo es capaz de generar el arrastre de otros sólidos que se va encontrando en el camino, ya que en muchos lugares de la ciudad están estructurados y diseñados a cielo abierto. La calidad del agua residual, en esta zona está muy influenciada por las actividades humanas las cuales pueden tener una relación causal de obstrucciones en alcantarilla, las cuales determinan el estado bueno o malo de las redes de alcantarilla.

Los sistemas para la recolección y tratamiento de aguas residuales diseñados con criterios convencionales, demandan elevados costos de construcción y operación a sus usuarios, particularmente en lugares con topografías planas y suelos duros. Por otro lado, vemos los esfuerzos de la municipalidad por intentar mejorar el sistema a través del cambio de tuberías, pero es posible que exista la necesidad de estudiar mejor las causas que realmente agravan esta situación para poder acabar o al menos prevenir este problema.

Describiéndose los capítulos de la presente tesis de la siguiente forma: Capítulo I, en el cual se describió todo lo relacionado a las consideraciones bibliográficas y la base teórica fundada en las variables de estudio de la presente tesis, en el Capítulo II, encontramos plasmado la metodología, la técnica y los instrumentos que fueron usados en la investigación, así mismo todos los resultados y experiencias quedaron plasmadas en el Capítulo III, en donde además se colocaron las discusiones, para finalmente llegar a las conclusiones y recomendaciones.

# **CAPÍTULO I**

## **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **1.1. Antecedentes de la investigación**

RENGIFO Y SAFORA (2017), en la investigación realizaron un diseño No Experimental, Descriptivo y Transversal; y se propuso para el diseño del sistema de alcantarillado: dos redes de desagüe con tuberías de PVC de 6" de diámetro, 26 buzones de concreto en total, cuartos de baño y el diseño de dos tanques sépticos de 9 m<sup>3</sup> y 23 m<sup>3</sup> con sus respectivos pozos de absorción, diseñado para el 27% de la población; se propuso además para las unidades básicas de saneamiento: cuartos de baño, tanques sépticos de 2 m<sup>3</sup> y pozos de absorción, diseñado para el 73% de la población. Es así que, la propuesta de diseño abarcó el total de la población de una pequeña localidad de Carhuacocha, considerando los parámetros y reglamentos de diseño.

CORNEJO (2017), analiza las actividades del equipo de intervención social del proyecto "Lote 3" de SEDAPAL (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima) desarrollado en el distrito de Comas, Lima, para determinar si modificó el comportamiento de la población en sus prácticas de uso del agua potable y del alcantarillado. Para ese fin se realizaron entrevistas y se evidencia que los usuarios entrevistados no tienen claros sus derechos y deberes como usuarios de agua potable y cuidan del recurso sólo por su alto costo económico tras la instalación de medidores. Asimismo, no perciben un cambio sustancial tras el proyecto; mencionan que el equipo social priorizó la atención de contingencias para facilitar la obra y no su capacitación. Finalmente, desconocen las razones del proyecto, pero lo consideran positivo y aceptarían otro similar dado su beneficio.

CEDRENOS Y CRIBILLEROS (2017), en la investigación titulada: Diagnóstico del sistema de aguas residuales en Salaverry y propuesta de solución, el resultado de la digestión es reducir el contenido volátil a cerca del 50% y los sólidos a aproximadamente a un 70% de los valores originales. Los sólidos orgánicos remanentes son de naturaleza homogénea, relativamente estables con olor a alquitrán, sin embargo, la deshidratación de lodo diferido es difícil. El proceso convencional de digestión anaerobia se efectúa en dos etapas: La primera con calentamiento y mezcla, produce mayor cantidad de gas, y la segunda es una etapa de asentamiento tranquilo usada para el almacenamiento, espesamiento del lodo

digerido y la formación de un sobrenadante claro. El sobrenadante, rico en material orgánico soluble (DBO hasta 10,000 mg/L), se recircula para tratamiento aerobio en la planta y el lodo digerido es extraído para secado y disposición final.

AGUDELO Y ALVEAR (2015), concluye que la distribución de tamaño de partículas de los sólidos presentes en el AR de Cali (Colombia), estableció los sólidos supra coloidales como la fracción de mayor proporción con valores entre 67,71% Vol y 75,68 % Vol. Se destaca que, de la fracción susceptible de sedimentar de los sólidos presentes en el ARD, entre 56,19 % Vol y 63,66 % Vol corresponde a los sólidos supra coloidales sedimentables, mientras que entre el 22,74 % Vol y 30,98 % Vol, está compuesto por los sólidos sedimentables. La proporción de sólidos susceptible de sedimentar favorece la sedimentación floculenta, dado que permiten una adecuada formación de flocs. Se estableció la sedimentabilidad de los sólidos presentes en el agua residual doméstica. La evaluación del ensayo de columnas de sedimentación, demostró que la variación de la temperatura tuvo un efecto sobre la hidrodinámica del proceso de sedimentación, debido a que diferencias  $\geq 0,2$  °C produjeron cambios en la concentración de SST, atribuidos a la formación de corrientes de densidad.

GUIUSEPPE (2014), concluye que actualmente los sistemas de alcantarillado se enfrentan a diversas condiciones adversas como, por ejemplo, el incremento acelerado de la población, mayor presencia de precipitaciones severas, falta de revisión y mantenimiento de las líneas, entre otros. La existencia de una o varias condiciones adversas puede generar daños en la infraestructura de alcantarillado, como es el caso de la corrosión por sulfuro de hidrógeno, la cual produce un debilitamiento en las paredes de la conducción. Este proceso surge cuando las condiciones de flujo y pendiente, permiten la formación de la película biológica en la parte acuosa, que es responsable de descargar sulfuro de hidrógeno al agua residual, para posteriormente ser liberado en la atmósfera interna de la tubería, donde al interactuar con las bacterias en las paredes produce ácido sulfúrico, el cual es el responsable de la corrosión del material.

YÁÑEZ (2014), en su trabajo de investigación realizada en la ciudad de Cajamarca sobre la eficiencia del sistema de drenaje pluvial en la Av. Angamos Y Jr. Santa Rosa, se concluyó al analizar el diseño Hidráulico de la Av. Angamos y el Jr. Santa Rosa, que este no es el correcto para un buen funcionamiento del sistema de drenaje, siendo esta una de las

causas que alteran la eficiencia del drenaje pluvial. Al analizar la zona en estudio se verificó que el sistema de drenaje es ineficiente. La eficiencia de conducción que los caudales mínimos recomendables técnicamente a derivar, para tener velocidad aceptable y no producir sedimentación que reduce la capacidad del canal o erosión que deforma la sección, no es el indicado para las secciones existentes.

ARGANDOÑA Y MACÍAS (2013), en Ecuador, durante el periodo de investigación pudo deducir que el sistema de tratamiento de las lagunas de oxidación en relación al afluente y efluente presentan una eficiencia en la remoción significativa en los análisis realizados, con respecto a los resultados arrojados en el análisis de sólidos totales la remoción entre dichas lagunas fue del 72,54%, en relación a los sólidos volátiles totales la remoción de las lagunas estuvo en el rango del 70,87%, mientras que en el análisis de sólidos suspendidos totales fue del 77,44%, los sólidos sedimentables alcanzó un porcentajes de remoción del 78,26%, en tanto la remoción de la materia orgánica con respecto al DBO5 fue del 79,44% y el DQO es del 57,96% .

## **1.2. Bases teóricas**

### **1.2.1. Alcantarillas**

Una alcantarilla, es un canal cubierto de longitud relativamente corta diseñado para conducir el agua a través de una vía (por ejemplo, carreteras, vías de ferrocarril, presas). Es una estructura hidráulica que puede conducir aguas de creciente, aguas de drenaje, corrientes naturales por debajo de la estructura de relleno en tierras o en rocas. Desde el punto de vista hidráulico, es importante si la alcantarilla fluye llena o no.

- a) Sistema de Alcantarillado Sanitario. - Es el sistema de recolección diseñado para llevar exclusivamente aguas residuales domesticas e industriales.
- b) Sistema de Alcantarillado Pluvial. - Es el sistema de evacuación de la escorrentía superficial producida por las lluvias.
- c) Sistema de Alcantarillado Combinado. - Es el sistema de alcantarillado que conduce simultáneamente las aguas residuales (domésticas e industriales) y las aguas de las lluvias. (NORMA OS 060, 2017).



## Comportamiento del flujo en las alcantarillas

Dentro de una alcantarilla son muy complicados los comportamientos del flujo, debido a que es controlado por muchas variables, incluidas la geometría de salida, la pendiente, el tamaño, la rugosidad, las condiciones de profundidad de aproximación y de salida, etc. (CHANSON, 2002).

Teniendo identificada la superficie de influencia, debe precisarse el hidrograma del flujo y con éste los caudales de recurrencia, sino existe registro o aforos, se recurre, para una primera aproximación, a la conocida expresión genérica:

$Q = CiA$ , donde:

$Q$  = Caudal ó descarga máxima de esorrentía. ( $m^3/s$ )

$A$  = Área de la cuenca. ( $m^2$ )

$I$  = Intensidad de la descarga ( $mm/h$ )

$C$  = Coeficiente de esorrentía; su valor está comprendido entre cero y uno y depende de la geomorfometría de la cuenca y de su cobertura.

La mayoría de las alcantarillas se diseñan para operar con superficie libre, con condiciones de flujo subcrítico en el barril a fin de maximizar el caudal por unidad de ancho y reducir la sección transversal del barril (y por consiguiente. su costo) (CHANSON, 2002).

El flujo aguas arriba y aguas abajo de la alcantarilla es de régimen subcrítico. A medida que el flujo se aproxima a la alcantarilla, la construcción del canal (es decir la sección de entrada) induce un incremento en el número de Froude. Para el caudal de diseño. El flujo se vuelve casi crítico en el barril. En la práctica, condiciones perfectas de flujo critico en el barril son difíciles de establecer: se caracterizan por efectos de “choques” e inestabilidades de superficie libre (CHANSON, 2002).

## Tiempo de traslado en los colectores

(VEN TE CHOW, 1993) Para determinar el tiempo de traslado en los colectores (tuberías, canales, etc.) se empleará la fórmula de Manning:

$$V = \frac{S^{1/2} R^{2/3}}{n}$$

V Velocidad media de flujo (m/s)

n Coeficiente de rugosidad (adimensional)

R Radio hidráulico (m)

S Pendiente (m/m)

El tiempo de traslado se calcula mediante:

$$t_f = L/V$$

$t_f$  Tiempo de traslado (s)

L Longitud del tramo en el cual escurre el agua (m)

V Velocidad media de flujo (m/s)

## Identificación de problemas

### 1.2.1.1. Obstrucciones

Las causas más frecuentes de estas son: rasas, trapos, plásticos, vidrios, raíces, arenas y piedras (OPS/CEPIS, 2005).

#### a) Grasas

Normalmente las zonas aledañas a mercados y restaurantes presentan mayor incidencia de obstrucciones por esta causa. Las grasas cuando llegan a las redes de alcantarillado se endurecen y progresivamente forman tacos de sebo que obstruyen las tuberías. Se presenta con mayor incidencia en tramos de baja pendiente y en tuberías rugosas como las de concreto (OPS/CEPIS, 2005).

#### b) Trapos, plásticos y vidrios

Estos materiales se encuentran a menudo obstruyendo las tuberías y su incidencia es mayor en aquellas zonas donde hacen mal uso del servicio de alcantarillado, por ejemplo, casas donde arrojan trapos, cartones y plásticos en la taza sanitaria o en la calle donde vierten la basura a las cámaras de inspección (OPS/CEPIS, 2005).

**c) Raíces**

Obstrucciones por raíces se presentan con mayor incidencia en zonas donde las redes de alcantarillado están ubicadas en zonas verdes con árboles. Las raíces penetran por las juntas o roturas de las tuberías y pueden llegar a causar obstrucciones completas. Estas obstrucciones pueden removerse con equipos corta raíces y también con la aplicación de sulfato de cobre (OPS/CEPIS, 2005).

**d) Arenas y piedras**

Estos materiales penetran con mayor incidencia en las calles con superficies en tierra o lastre, donde por causa de tuberías rotas o buzones sin tapa éstas penetran al alcantarillado sanitario. También se forma arena y sedimento en tramos con muy poca pendiente debido a la descomposición que sufre la materia orgánica. Es necesario detectar los tramos con mayor incidencia de obstrucción por arenas a fin de limpiarlos periódicamente. Estos materiales tienen que ser necesariamente extraídos, porque el solo lavado, traslada y concentra el problema en otro sitio (OPS/CEPIS, 2005).

**1.2.1.2. Pérdida de capacidad**

Generalmente se produce por la formación de una capa de sedimentos en la tubería que se da con mayor incidencia en aquellos tramos de baja pendiente o en tramos de baja velocidad del flujo por un bajo caudal de aguas servidas. En muchos casos, viviendas que cuentan con la conexión domiciliaria de alcantarillado, no hacen uso del servicio por influencia de hábitos y costumbres, como consecuencia el tramo transportará un bajo caudal. Muchas veces la solución de este problema, es el rediseño y cambio total del tramo afectado (OPS/CEPIS, 2005).

**1.2.1.3. Roturas**

Las roturas y fallas que se presentan en las redes de alcantarillado frecuentemente pueden ser resultado de algunas de las siguientes causas:

**a. Soporte inapropiado del tubo**

Cuando las tuberías del alcantarillado se colocan en una zanja de fondo rocoso, o con piedras en el fondo, con toda seguridad la tubería fallará por falta de uniformidad en la cama de apoyo. Contrariamente, si las mismas tuberías se colocan sobre una cama de apoyo

correctamente construida, la capacidad de la tubería para soportar cargas se incrementará (OPS/CEPIS, 2005).

b. Fallas debidas a cargas vivas

Las tuberías colocadas con un inapropiado recubrimiento, con frecuencia tienen grandes probabilidades de colapsar debido a la sobrecarga a la que está sometida, sobre todo, si está ubicada en una zona de tráfico pesado. En este caso, el personal de operación y mantenimiento, cuando realice la reparación de la tubería afectada, deberá darle protección adecuada, envolviéndola completamente en concreto para evitar que colapsen nuevamente (OPS/CEPIS, 2005).

c. Movimiento del suelo

Se presenta durante un sismo e implica la reconstrucción total del tramo fallado. La reposición de las tuberías rígidas por tuberías flexibles con uniones también flexibles soluciona el problema en muchos casos (OPS/CEPIS, 2005).

d. Daños causados por otras instituciones

Cuando se reparan calles o se colocan líneas de electricidad, es muy frecuente que se dañen las tuberías de alcantarillado. El personal de operación y mantenimiento debe prever esta situación, indicando la ubicación y profundidad de las mismas a fin de evitar derramamientos de aguas negras (OPS/CEPIS, 2005).

e. Raíces

Cuando el problema de raíces se acentúa, éstas llegan a fracturar las tuberías por lo que es necesario cambiar los tramos afectados (OPS/CEPIS, 2005).

#### **1.2.1.4. Vandalismo**

Los problemas asociados con el vandalismo son bien conocidos. Las sustracciones de tapas de hierro fundido dejan las cámaras de inspección al descubierto causando problemas de obstrucción de los colectores. Este problema se acentúa en red de alcantarillado a campo traviesa o ubicada en las márgenes de los ríos, quebradas y acequias (OPS/CEPIS, 2005).

#### **1.2.1.5. Conexiones cruzadas con pluviales**

Con frecuencia ocurren las conexiones clandestinas de aguas pluviales, haciendo

el rebose del alcantarillado sanitario durante las lluvias. Esto representa un peligro inminente para la salud y la propiedad (OPS/CEPIS, 2005).

### 1.2.2. Sólidos

Todos los contaminantes del agua, con excepción de los gases disueltos, contribuyen a la "carga de sólidos". Pueden ser de naturaleza orgánica y/o inorgánica. Proviene de las diferentes actividades domésticas, comerciales e industriales. La definición generalizada de sólidos es la que se refiere a toda materia sólida que permanece como residuo después de una evaporación y secado de una muestra de volumen determinado (HACH CATALOGUES, 2005).

**Sólidos Totales (ST).** - La determinación de los sólidos totales permite estimar los contenidos de materias disueltas y suspendidas presentes en un agua, pero el resultado está condicionado por la temperatura y la duración de la desecación. Su determinación se basa en una medición cuantitativa del incremento de peso que experimente una cápsula previamente tarada tras la evaporación de una muestra y secado a peso constante entre 103 a 105 °C. (CAMACHO, 2014).

Un metro cúbico de agua residual pesa aproximadamente 1, 000,000 de gramos. Contiene alrededor de 500 gramos de sólidos totales; estos pueden estar en forma suspendida o en disolución. Los resultados se expresan en mg/L. De los aproximadamente 500 gramos de sólidos totales, la mitad son sólidos disueltos tales como calcio (Ca), sodio (Na) y compuestos orgánicos solubles. Los 250 gramos restantes son insolubles. La fracción insoluble consiste en aproximadamente 125 gramos de material que pueda sedimentarse en 30 minutos si se deja el agua en condiciones de quietud. Los 125 gramos restantes permanecerán en suspensión por mucho más tiempo (CAMACHO, 2014).

**Sólidos suspendidos (SS).** - Son principalmente de naturaleza orgánica; están formados por algunos de los materiales más objetables contenidos en el agua residual. La mayor parte de los sólidos suspendidos son desechos humanos, desperdicios de alimentos, papel, trapos y células biológicas que forman una masa de sólidos suspendidos en el agua. Incluso las partículas de materiales inertes adsorben sustancias orgánicas en su superficie (CAMACHO, 2014).

**Sólidos Sedimentables.** - Los sólidos sedimentables son el grupo de sólidos cuyos tamaños de partícula corresponde a 10 micras o más y que pueden sedimentar (PALOMBARINI, 2013).

**Sólidos disueltos totales (TDS).** - Los sólidos disueltos totales (SDT) comprenden las sales inorgánicas (principalmente de calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua. Los SDT presentes en el agua de consumo proceden de fuentes naturales, aguas residuales, escorrentía urbana y aguas residuales industriales. Las sales empleadas en algunos países para eliminar el hielo de las carreteras también contribuyen a aumentar el contenido de SDT en el agua de consumo. Debido a las diferentes solubilidades de diferentes minerales, las concentraciones de SDT en el agua varían considerablemente de unas zonas geológicas a otras (PAHO, 2014).

El sedimento es un material fragmentario, principalmente formado por la desintegración física química de las rocas de la corteza terrestre. Sus partículas varían en tamaño desde grandes rocas hasta fragmentos de tamaños coloidales. También varían en el peso específico y su composición mineral, los materiales predominantes son minerales de cuarzo y minerales de arcilla (caolinita, ilita, montmorillonita y clorita). Estos últimos tienen una estructura similar a una lámina que puede cambiar fácilmente (floculación) bajo la influencia de fuerzas electrostáticas (fuerzas de cohesión) en un ambiente salino. En consecuencia, hay una diferencia fundamental en el comportamiento sedimentario entre la arena y la arcilla (VAN, 1993).

### 1.2.3. Proceso de sedimentación

Las partículas pueden encontrarse en el agua según tres estados de dispersión en función de su diámetro (PÉREZ, 2005) como partículas en suspensión, partículas coloidales y soluciones:

- Suspensiones, hasta diámetros de  $10^{-4}$  cm.
- Coloides, con diámetros entre  $10^{-4}$  y  $10^{-6}$  cm.
- Soluciones, para diámetros menores a  $10^{-6}$  cm.

Estos tres estados de dispersión dan lugar a tres procedimientos distintos para eliminar las impurezas. El primero, llamado sedimentación simple, está destinado a eliminar las

partículas con diámetros mayores a 10-4 cm. Consiste en retirar los sólidos más pesados sin la necesidad de utilizar un tratamiento especial, únicamente dejando reposar el agua o disminuyendo su velocidad, entre mayor sea el tiempo de reposo, mayor será la sedimentación de partículas. (PÉREZ, 2005).

El segundo, denominado precipitación inducida, implica la aglutinación de los coloides a fin de formar un flóculo que se pueda sedimentar. Esta acción se logra agregando sustancias químicas con las que se logra la coagulación, la cual consiste en un proceso de desestabilización química que provoca que las partículas coloidales se agrupen para formar una partícula de mayor tamaño y peso, para que posteriormente se presente la sedimentación (PÉREZ, 2005).

Finalmente, el tercer proceso, esencialmente consiste en transformar en insolubles los compuestos solubles, aglutinarlos para formar el floculo y permitir así la sedimentación. Es decir que en muchos casos las partículas pueden ser, al menos en teoría, removidas mediante el proceso de sedimentación. Las partículas en suspensión sedimentan en distintas formas dependiendo de sus características, así como de su concentración. Cuando existe una baja concentración de partículas en el agua éstas se depositan sin interferir, denominándose a este fenómeno sedimentación libre, en cambio, con altas concentraciones de partículas, se producen colisiones que las mantienen en una posición fija, ocurriendo un depósito masivo en lugar de individual, a este proceso se le llama sedimentación interferida (CEPIS, 1984).

El fenómeno de sedimentación de partículas en una suspensión diluida, puede describirse por medio de la mecánica clásica. En el primer caso, la sedimentación es solamente una función de las propiedades del fluido y las características de las partículas. Para el caso particular de sólidos discretos y esféricos, la velocidad de sedimentación está dada por:

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} g \frac{(\rho_s - \rho)}{C a. \rho}} D$$

Donde:

$V_s$  = velocidad de sedimentación

$D$  = diámetro de la partícula

$g$  = aceleración de la gravedad

$\rho_s$  = densidad de la partícula

$\rho$  = densidad del fluido

$C_a$  = coeficiente de arrastre

### 1.3. Definición de términos básicos

SEGÚN EL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES (2017)

**Acueducto.** - es un sistema o conjunto de sistemas de irrigación, que permite transportar agua en forma de flujo continuo desde un lugar en el que ésta es accesible en la naturaleza, hasta un punto de consumo distante (NEVYL, 2019).

**Aforo.** - conjunto de operaciones para determinar el caudal en un curso de agua para un nivel observado. Su objetivo es correlacionar el nivel del agua con el caudal o gasto para obtener la curva de descarga o calibración (VERA, 2000).

**Alcantarilla.** - Conducto subterráneo para conducir agua de lluvia, aguas servidas o una combinación de ellas (RNE, 2017).

**Alcantarillado sanitario.** - Es la red generalmente de tuberías, a través de la cual se deben evacuar en forma rápida y segura las aguas residuales municipales (domésticas o de establecimientos comerciales) hacia una planta de tratamiento y finalmente a un sitio de vertido donde no causen daños ni molestias (SIAPA, 2014).

**Alcantarillado pluvial.** - Es el sistema que capta y conduce las aguas de lluvia para su disposición final, que puede ser por infiltración, almacenamiento o depósitos y cauces naturales (SIAPA, 2014).

**Alcantarillado combinado.** - Es el sistema que capta y conduce simultáneamente el 100% de las aguas de los sistemas mencionados anteriormente, pero que dada su disposición dificulta su tratamiento posterior y causa serios problemas de contaminación al verterse a cauces naturales y por las restricciones ambientales se imposibilita su infiltración (SIAPA, 2014).

**Alcantarillado semi-combinado.** - Se denomina al sistema que conduce el 100% de las aguas negras que produce un área o conjunto de áreas, y un porcentaje menor al 100% de aguas pluviales captadas en esa zona que se consideran excedencias y que serían



conducidas por este sistema de manera ocasional y como un alivio al sistema pluvial y/o de infiltración para no ocasionar inundaciones en las vialidades y/o zonas habitacionales (SIAPA, 2014).

**Agua residual.** - Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado (OEFA, 2014).

**Avenidas.** – Elevación generalmente rápida, en el nivel de las aguas de un curso, hasta un máximo a partir del cual dicho nivel desciende a una velocidad menor que generalmente se presenta entre los meses de diciembre y abril (VERA, 2000).

**Caudal o gasto.** – Volumen de agua que pasa por una sección transversal del cauce por una unidad del tiempo (VERA, 2000).

**Dren.** - Zanja o tubería con que se efectúa el drenaje (RNE, 2017).

**Drenaje.** - Retirar del terreno el exceso de agua no utilizable (RNE, 2017).

**Drenaje urbano.** - Drenaje de poblados y ciudades siguiendo criterios urbanísticos (RNE, 2017).

**Estiaje.** - es el nivel de caudal mínimo que alcanzan los ríos, lagunas o el acuífero en la época de mayor calor, debido principalmente a la sequía (CONSEJO CONSULTIVO DE AGUA A.C., 2019).

**Lluvia Efectiva.** - Porción de lluvia que escurrirá superficialmente. Es la cantidad de agua de lluvia que queda de la misma después de haberse infiltrado, evaporado o almacenado en charcos conducto libre (RNE, 2017).

**Pendiente Longitudinal.** - Es la inclinación que tiene el conducto con respecto a su eje longitudinal (RNE, 2017).

**Precipitación.** - Fenómeno atmosférico que consiste en el aporte de agua a la tierra en forma de lluvia, llovizna, nieve o granizo (RNE, 2017).

**Sedimentación.** - proceso natural de remoción de las fases sólida y líquida de una suspensión por acción de la gravedad (PARKER, 2010).

## **CAPÍTULO II**

### **MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **2.1. Materiales**

##### **Materiales:**

- Ropa de campo, se utilizaron botas, capota y guantes para las salidas a campo, la recolección e identificación de punto de muestreo.
- Guardapolvo, o mandil de uso exclusivo en laboratorio, para manipular y manejar las muestras de agua residual evitan la contaminación de la ropa.
- Guantes y tapa boca, o mascarilla, materiales de uso personal, para la protección ante posibles microorganismos u otros compuestos que puedan contaminar, al manipular las muestras.
- Mochila, libreta de campo y/o cuaderno, materiales de uso de campo y gabinete, necesarios para la recolección y apunte de datos obtenidos en el laboratorio de la Facultad de Ecología, de la Escuela de Ingeniería Sanitaria.
- Wincha, herramienta de mano, utilizada en la medición de longitudes y distancias, necesarias para aforar y determinar otra serie de datos.  
Flexómetro con graduación en mL y pulgadas, con recubrimiento de PVC para resistir la humedad, marcas de 2 colores para hacer más fácil la lectura, manilla de rebobinado rápido. Material: Metálica.
- Lapicero, papel, tablero, útiles de escritorio, utilizados en la recolección de datos.
- Frascos, de plástico, utilizados para el transporte de muestras hasta el laboratorio de la Facultad de Ecología, de la Escuela de Ingeniería Sanitaria, lugar donde se analizó el comportamiento de la muestra.
- Pissetas, utilizadas para realizar el lavado de frascos y como, u otros instrumentos del laboratorio de la Facultad de Ecología, de la Escuela de Ingeniería Sanitaria, que fueron utilizados durante la experimentación.

La Piseta es un recipiente cilíndrico sellado con tapa rosca, el cual posee un pequeño tubo con una abertura capaz de entregar agua o cualquier líquido que se encuentre contenido en su interior, en pequeñas cantidades. Normalmente este hecho de plástico y su función principal en el laboratorio es lavado de recipientes y materiales de vidrio.

- Juego de tamices ASTM, herramienta principalmente utilizada para el análisis granulométrico de los sedimentos en la investigación, cuya descripción y especificaciones técnicas se encuentran en el anexo 04.
- Balanza electrónica de 0,01gr de precisión, utilizada en el pesado de muestras sedimentadas y recolectadas durante el análisis granulométrico, cuya descripción y especificaciones técnicas se encuentran dentro del anexo 04.
- Taras, utilizada en el tamizado de muestras sedimentadas y recolectadas durante el análisis granulométrico, cuya descripción y especificaciones técnicas se encuentran dentro del anexo 04.

### **Equipos:**

- 01 Cono imhoff, de material totalmente transparente y con graduación permanente en relieve. Se puede vaciar con facilidad porque dispone de un tapón inferior de rosca que además facilita la limpieza.

La graduación está ahora presente también en el intervalo de 100 mL a 300 mL, con incrementos de 10 mL y tolerancia  $\pm 5\%$ , según la norma DIN 12672.

Además, cuenta con un soporte de manera, que sirve para colocar el cono dentro de estos soportes durante el tiempo necesario para el análisis.

- 01 DIST Medidor de Sólidos Totales disueltos

El HI98301 DiST® 1 de Hanna Instruments es un medidor de bolsillo de sólidos disueltos totales intervalo bajo que puede medir hasta 2,000 ppm (mg/L). El DiST®1 es un medidor de bolsillo resistente y confiable para su uso en laboratorio o campo. El HI98301 DiST®1 tiene un factor de conversión de 0.5 en la medición de TDS para una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo acondicionamiento de agua, control ambiental,

educación y uso general en laboratorio. Este medidor mantiene la simplicidad con una operación de dos botones, uno para encendido y apagado, el otro para calibrar.

- Horno, equipo utilizado para el análisis granulométrico, en el secado de muestras, cuya descripción y especificaciones técnicas se encuentran dentro del anexo 04.

## **2.2. Métodos**

Datos primarios:

Para la recolección de datos primarios, fueron obtenidos directamente del lugar de muestreo, y se utilizaron varios instrumentos relacionados al campo y laboratorio, siguiendo las técnicas:

**Para determinar el objetivo específico 01: Calcular el caudal de diseño con el arrastre de sólidos totales en las redes de alcantarillado, en época de estiaje y avenidas, se siguió la siguiente metodología:**

Reconocimiento del área de trabajo

Se realizó la georreferenciación (GPS), mediante un recorrido por toda la zona que comprende las cuadras 1, 2 y 3 de la avenida Ignacia Velásquez (Anexo 01), para corroborar la información obtenida y la situación existente, en coordenadas UTM.

Se utilizó además el programa de Google earth y se realizó la identificación del área de estudio:



**Figura 1.** Ubicación del área de estudio

#### Selección de los puntos de monitoreo

Para obtener los resultados esperados en este estudio, se definieron los puntos de muestreo: Primer punto en la parte baja del canal abierto en la pendiente alta (bajada de Shango) de la avenida, punto final de salida y unión de la red de alcantarillado a una quebrada y a otra red cercana.

Y para calcular el caudal conforme al primer objetivo específico se utilizó el siguiente método:

#### Método del flotador

Este método es el más sencillo, pero sólo permite estimar en forma aproximada el caudal.

Se estimó la velocidad del agua y el área del canal (DGIAR, 2015).

El cálculo del caudal estimado se determinó mediante la siguiente expresión matemática:

$$Q = Fc \times A \times (L/T)$$

Donde:

Q = es el caudal, en m /s

$L$  = es la longitud entre el Pto. A y B en metros

$A$  = es el área, en m

$T$  = es el tiempo promedio en segundos

$F_c$  = es el factor de corrección

Donde  $F_c$  es un factor de corrección relacionado con la velocidad.

Canal revestido en concreto, profundidad del agua  $> 15$  cm, el  $F_c = 0,8$  y  $0,7$  para canales de tierra, según DGIAR (2015).

Según el cuadro ubicado en el anexo 03.

**Para determinar el objetivo específico 02: Determinar el caudal, espacio y tiempo de la sedimentación de sólidos sedimentables en las aguas residuales de las alcantarillas pluviales (Av. Ignacia Velásquez) de Moyobamba**

Se procedió realizando primero la toma de muestras, siguiendo la metodología y pasos siguientes:

**Muestreo de agua residual**

Se realizó el muestreo y recolección del agua, el mismo que fue utilizado para analizar los sólidos sedimentables. Se recolectó una cantidad considerable de muestra, para poder utilizar en el análisis de sedimentos, se utilizó 3 000 mL, y para esto se utilizó un envase de plástico de capacidad de 3 L, se llevó directamente al análisis pues se tuvo que evitar la adhesión de la materia en suspensión a las paredes del recipiente.

Se realizaron muestreos en cinco meses distintos y ocupando los días soleados y los lluviosos;

Para poder identificar los caudales en época de estiaje y avenida se realizaron ocho aforos en cuatro diferentes días y en dos puntos diferentes de la red.

Para realizar los análisis de sedimentación de sólidos en el agua se realizaron en cinco meses en diez fechas distintas y en tres conos diferentes haciendo un total de 30 muestreos distintos en solo 10 días.

La frecuencia del muestreo varía de acuerdo a los días soleados y los días de lluvias, para ser tomados como épocas de estiaje y épocas de avenidas.

Métodos de toma de muestras:

De manera general, la muestra fue homogénea y representativa para no modificar las características fisicoquímicas o biológicas del agua (gases disueltos, materias en suspensión, etc.).

El envase que se utilizó fue de plástico. Los envases requirieron un tratamiento previo de limpieza, esterilización, etc., en función de los parámetros a determinar, de igual forma los equipos o aparatos a utilizar para realizar la operación de toma de muestra, serán función de las condiciones físicas del lugar de muestreo y de los parámetros a analizar. (Londoño et. al, 2010).

La muestra se tomó de la siguiente forma:

Directamente en la botella o recipiente que se utilizó para las determinaciones “in situ”. Este procedimiento está recomendado en grifos de redes de distribución, fuentes, canales de riego, arroyos de poca profundidad, pozos dotados de bombas de extracción y casos similares. En estos casos, es recomendable dejar fluir el agua durante cierto tiempo para conseguir que la muestra sea verdaderamente representativa.

Preservación

Los muestreos se recolectaron en recipientes de vidrio resistente y en recipientes plásticos que minimicen las adherencias de partículas a las paredes. El análisis se efectuó lo más pronto posible después de tomada la muestra, para evitar cambios físicos o químicos por almacenamiento. El máximo tiempo de almacenamiento es de 24 horas.

Análisis de STD, SS y SSed.

Medición de sólidos sedimentables:

En su propio lugar, se dejó que la muestra alcance la temperatura ambiente.

Con la utilización de un vaso descartable se recogió la muestra.

Se llenó el cono Imhoff, evitando verter la muestra por las paredes del cono, hasta la marca de referida y adoptada.

Se anotó el volumen de sólidos sedimentables como mL/L, acorde a lo observado en la graduación del equipo.

#### Método gravimétrico para medir sólidos sedimentables

Estas materias sedimentabas pueden ser determinadas y reportadas en peso o en volumen.



**Figura 2.** Cono Imhoff para análisis de sólidos sedimentables

Procedimiento para la determinación de los sólidos por volumen.

1. Agite la muestra y vierta un litro de ésta en un cono de Imhoff.
2. Deje sedimentar por 45 minutos.
3. Agite suavemente el líquido contenido en el cono con un agitador, o mediante rotación del cono, para que se desprendan y sedimenten los sólidos de la pared del recipiente.
4. Deje sedimentar durante 15 minutos más.



5. Registre la cantidad de sólidos sedimentables en mL/(L\*h), leyendo directamente en el cono.

Se expresan los resultados como:

Sólidos sedimentables en mL / (litro\* hora)

Muestreo de sólidos totales disueltos, se siguieron los siguientes procedimientos:

Se vertió la muestra hacia un vaso de precipitación el mismo que contuvo los volúmenes correspondientes de 100 y 150 mL.

Se encendió el equipo DIST para medir los sólidos totales disueltos.

Luego se realizó la inserción del sensor del equipo dentro de la muestra de agua.

Finalmente se observó la estabilización del equipo, y se registraron los resultados en la ficha técnica para ser presentadas en las tablas de resultados.

Fórmula para la determinación de sólidos suspendidos:

Para el cálculo de los sólidos suspendidos se hizo uso de la siguiente formula:

$$\frac{\text{sólidos totales disueltos} - \text{sólidos sedimentables}}{\text{volumen de la solución}}$$

Luego del cálculo de los sólidos suspendidos, se colocaron los datos en las tablas de resultados respectivas.

#### Método granulométrico

Este procedimiento se realizó en un laboratorio LM CECONSE, para definir el tamaño de los sólidos estudiados, siguiendo los procedimientos estipulados según Reyes (2013). Por no contar con todos los equipos necesarios para la realización del análisis granulométrico este se mandó a realizar en un laboratorio certificado LM CECONSE para su respectivo análisis granulométrico (Anexo 04).

**Para determinar el objetivo específico 03: Identificar el estado de la red de alcantarillado público combinado de la ciudad de Moyobamba.**

Para ello principalmente se procedió a realizar una identificación espacial, para el cual se elaboraron curvas de nivel, de la siguiente forma:

Con el uso y procesamiento de datos de ubicación en google earth (figura 1), se realizó el procesamiento de la información dentro de lo que se conoce el software global mapper y se realizó la elaboración de las curvas de nivel.

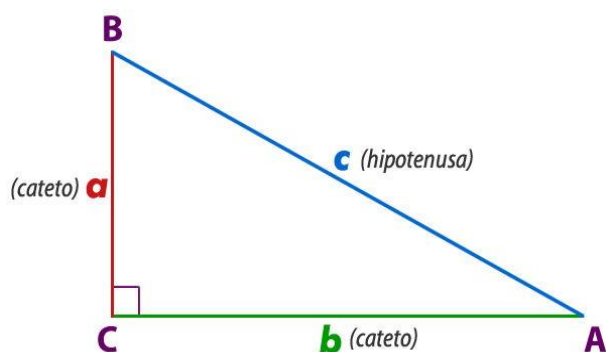
Luego se procedió a determinar la forma, medida y pendiente de la red de alcantarillado combinado que precede al área de estudio:

En este caso la pendiente la cual fue evaluada mediante el uso del teorema de Pitágoras, y el uso de los siguientes datos:

Cota máxima para la red de alcantarillado pluvial:

Cota mínima para la red de alcantarillado pluvial:

Desnivel =  $C_{\max} - C_{\min}$



**Figura 3.** Triangulo del teorema de Pitágoras

Y el apoyo de la siguiente fórmula:

$$C^2 = a^2 + b^2$$

Después, se realizó el diagnostico, utilizado por SEDAPAL-PERU, para determinar el estado de las redes sanitarias:

En el estudio de buzones y tuberías se han podido identificar buzones y tuberías con diferentes grados de corrosión (grado 1, 2, 3 y 4) de acuerdo a criterios establecidos por el Water Resource Center (WRC) de Inglaterra.

Así mismo se procedió realizando la identificación de peligros y riesgos de las alcantarillas, por encontrarse en ese estado, con la guía de la Organización Panamericana de la Salud OPS (2005).

Primero se determinó las incidencias, mediante la observación y se valoró la importancia, utilizando el siguiente criterio:

0 = no principal

1 = principal

Luego se identificó la presencia e incidencia, utilizando el siguiente criterio:

Presencia

0 = no existe

1 = existe

Incidencia

1 = Baja

2 = Regular

3 = Fuerte

Datos secundarios:

Las cuáles fueron obtenidos de las fuentes bibliográficas y los textos citados alrededor de toda la investigación.

Para lo cual se realizó la revisión de información existente:

Para determinar la distribución de sólidos suspendidos en el sistema de alcantarillado de aguas residuales, fue necesario primero recaudar la información disponible, mediante antecedentes registrados y el manual de operación y mantenimiento de las redes de alcantarillado de OPS/OMS (2005) y UNATSABAR. Perú.

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Caudal de diseño con el arrastre de sólidos totales en las redes de alcantarillado, en época de estiaje y avenidas

Para todos los datos indicados sobre precipitaciones, observar análisis de precipitaciones por el SENAMHI, en el anexo 06.

Época de estiaje (31/10/2019)

**Tabla 1**

*Primer aforo en época de estiaje*

Método	Punto	Factor de corrección	Caudal $m^3/s$
Flotador	Bajo	0,7	1,94
	Alto	0,8	0,35

En el punto bajo el caudal en épocas de estiaje calculado fue  $1,94 m^3/s$ , donde según reportes del día la precipitación determinada para ese día es 0 mm. lo que indica una determinada cantidad de agua que en días particulares se puede ver, el tirante identificado en la parte baja de la alcantarilla fue de 0,80 m alrededor de los 150 metros lineales, se ha tomado como factor de corrección 0,7 para canales de tierra en profundidades mayores a 15 cm.

En el punto alto el caudal en épocas de estiaje calculado fue  $0,35 m^3/s$ , se puede decir también que este caudal en la alcantarilla de aguas pluviales cuyo cauce en días particulares y sin lluvia debe ser 0 está influenciado por la presencia de un lavadero de carros y otros aportes de aguas residuales de viviendas cercanas; el tirante identificado en la parte alta de la alcantarilla fue de 0,18 m alrededor de los 100 metros lineales en el estudio de la alcantarilla.

Época de estiaje (25/11/2019)

**Tabla 2**

*Segundo aforo en épocas de estiaje*

Método	Punto	Factor de corrección	Caudal m <sup>3</sup> /s
Flotador	Bajo	0,7	0,22
	Alto	0,8	0,087

En la parte baja el caudal en épocas de estiaje calculado fue 0,22 m<sup>3</sup>/s, donde el clima del día no presento lluvias, es decir la precipitación determinada para ese día es 0 mm. lo que indica una determinada cantidad de agua que en días particulares se puede ver, el tirante identificado en la parte baja de la alcantarilla fue de 0,80 m alrededor de los 150 metros lineales, se ha tomado como factor de corrección 0,7 para canales de tierra en profundidades mayores a 15 cm.

En el punto alto el caudal en épocas de estiaje calculado fue 0,087 m<sup>3</sup>/s; el tirante identificado en la parte alta de la alcantarilla fue de 0,19 m alrededor de los 100 metros lineales en el estudio de la alcantarilla.

Época de avenida (13/01/2020)

**Tabla 3**

*Primer aforo en épocas de avenidas*

Método	Punto	Factor de corrección	Caudal m <sup>3</sup> /s
Flotador	Bajo	0,7	1,77
	Alto	0,8	1,58

En el punto bajo el caudal en épocas de avenida calculado fue 1,77 m<sup>3</sup>/s, y para este día, se consideró lluvioso lo que indica una determinada cantidad de agua que en días particulares se puede ver, el tirante identificado en la parte baja de la alcantarilla fue de 1,36 m alrededor de los 150 metros lineales, se ha tomado como factor de corrección 0,7 para canales de tierra en profundidades mayores a 15 cm.

En el punto alto el caudal calculado fue 1,58 m<sup>3</sup>/s, este día hubo precipitaciones lo que indica una determinada cantidad de agua que, en días particulares, el tirante identificado en la parte alta de la alcantarilla fue de 0,70 m alrededor de los 100 metros lineales en el estudio de la alcantarilla.

Época de avenida (15/02/2020)

**Tabla 4**

*Segundo aforo en épocas de avenidas*

Método	Punto	Factor de corrección	Caudal m <sup>3</sup> /s
Flotador	Bajo	0,7	2,41
	Alto	0,8	2,42

El caudal en épocas de avenida calculado fue 2,41 m<sup>3</sup>/s, este día hubo lluvia lo que indica una determinada cantidad de agua que en días particulares se puede ver, el tirante identificado en la parte baja de la alcantarilla fue de 1,22 m alrededor de los 150 metros lineales, se ha tomado como factor de corrección 0,7 para canales de tierra en profundidades mayores a 15 cm.

En el punto alto el caudal fue 2,42 m<sup>3</sup>/s, puesto que son días lluviosos indica una determinada cantidad de agua mayor que, en días particulares; el tirante identificado en la parte alta de la alcantarilla fue de 0,95 m alrededor de los 100 metros lineales en el estudio de la alcantarilla.

Época de avenida (18/02/2020)

Método	Punto	Factor de corrección	Caudal m <sup>3</sup> /s
Flotador	Bajo	0,7	2,17
	Alto	0,8	1,99

El caudal en épocas de avenida calculado fue 2,17 m<sup>3</sup>/s, este día fue lluviosos, lo que indica una determinada cantidad de agua que en días particulares se puede ver, el tirante identificado en la parte baja de la alcantarilla fue de 1,10 m alrededor de los 150 metros lineales, se ha tomado como factor de corrección 0,7 para canales de tierra en profundidades mayores a 15 cm.

El caudal en el punto alto en épocas de avenida calculado fue 1,99 m<sup>3</sup>/s, a parte de la lluvia, está influenciado por la presencia de un lavadero de carros y otros aportes de aguas residuales de viviendas cercanas; el tirante identificado en la parte alta de la alcantarilla fue de 0,78 m alrededor de los 100 metros lineales en el estudio de la alcantarilla.

### 3.2. Caudal, espacio y tiempo de la sedimentación de sólidos sedimentables en las aguas residuales de las alcantarillas pluviales (Av. Ignacia Velásquez) de Moyobamba

Sedimentación de sólidos totales en las aguas residuales de las alcantarillas pluviales (Av. Ignacia Velásquez) de Moyobamba

Análisis realizados en épocas de estiaje:

**Tabla 5**

*Primer análisis de sólidos sedimentables*

Solidos sedimentables en estiaje (mL/L*hora)			
Tiempo de sedimentación	CA (mL/L)	CB (mL/L)	CC (mL/L)
0,06 horas	0,10	0,20	0,05
0,12 horas	0,30	0,40	0,10
0,18 horas	0,30	0,40	0,20
0,24 horas	0,40	0,40	0,30
0,27 horas	0,40	0,40	0,30
1 hora	0,10	0,20	0,10

En un día soleado, cuyo caudal aforado fue el mínimo, se determinó que los sólidos sedimentables en volumen por cada hora que fueron analizadas tres veces, se encontró: 0,1 mL de solidos por litro se sedimentan cada hora en todo el recorrido de la alcantarilla, en el segundo análisis se determinó que 0,2 mL por cada litro de solidos se sedimentan en una hora, además en un tercer análisis 0,1 mL por cada litro de solidos se sedimenta por cada hora; en promedio 0,13 mL de solidos se logran sedimentar por cada hora en el canal de la alcantarilla.

**Tabla 6***Segundo análisis de sólidos sedimentables*

Solidos sedimentables en estiaje (mL/L*hora)			
Tiempo de sedimentación	CA (mL/L)	CB (mL/L)	CC (mL/L)
0,06 horas	0,05	0,10	0,10
0,12 horas	0,20	0,20	0,30
0,18 horas	0,20	0,30	0,30
0,24 horas	0,30	0,30	0,40
0,27 horas	0,30	0,30	0,45
1 hora	0,15	0,10	0,20

En un día soleado, cuyo caudal aforado fue el mínimo, se determinó que los sólidos sedimentables en volumen por cada hora que fueron analizadas tres veces, se encontró: 0,15 mL de solidos por litro se sedimentan cada hora en todo el recorrido de la alcantarilla, en el segundo análisis se determinó que 0,1 mL por cada litro de solidos se sedimentan en una hora, además en un tercer análisis 0,2 mL por cada litro de solidos se sedimenta por cada hora; en promedio 0,15 mL de solidos se logran sedimentar por cada hora en el canal de la alcantarilla.

## Tercer análisis de sólidos sedimentables

Solidos sedimentables en estiaje (mL/L*hora)			
Tiempo de sedimentación	CA (mL/L)	CB (mL/L)	CC (mL/L)
0,06 horas	0,20	0,15	0,21
0,12 horas	0,25	0,16	0,25
0,18 horas	0,28	0,20	0,26
0,24 horas	0,30	0,20	0,28
0,27 horas	0,41	0,30	0,30
1 hora	0,20	0,20	0,15

En un día soleado, cuyo caudal aforado fue uno de los menores valores en la red, se determinó que los sólidos sedimentables en volumen por cada hora que fueron analizadas en tres conos distintos, se encontró: 0,20 mL de solidos por litro se sedimentan cada hora en todo el recorrido de la alcantarilla, en el segundo cono se determinó que 0,2 mL por cada litro de solidos se sedimentan en una hora, además en un tercer análisis 0,2 mL por cada litro de solidos se sedimenta por cada hora; en promedio 0,18 mL de solidos se logran sedimentar por cada hora en el canal de la alcantarilla.



**Tabla 7***Cuarto análisis de sólidos sedimentables*

Sólidos sedimentables en estiaje (mL/L*hora)			
Tiempo de sedimentación	CA (mL/L)	CB (mL/L)	CC (mL/L)
0,06 horas	0,05	0,03	0,01
0,12 horas	0,10	0,10	0,05
0,18 horas	0,15	0,11	0,10
0,24 horas	0,20	0,13	0,10
0,27 horas	0,30	0,20	0,15
1 hora	0,20	0,10	0,10

En un día soleado, cuyo caudal aforado fue uno de los menores valores en la red, se determinó que los sólidos sedimentables en volumen por cada hora que fueron analizadas en tres conos distintos, se encontró: 0,20 mL de sólidos por litro se sedimentan cada hora en todo el recorrido de la alcantarilla, en el segundo cono se determinó que 0,1 mL por cada litro de sólidos se sedimentan en una hora, además en un tercer análisis 0,1 mL por cada litro de sólidos se sedimenta por cada hora; en promedio 0,13 mL de sólidos se logran sedimentar por cada hora en el canal de la alcantarilla.

**Tabla 8***Quinto análisis de sólidos sedimentables*

Sólidos sedimentables en estiaje (mL/L*hora)			
Tiempo de sedimentación	CA (mL/L)	CB (mL/L)	CC (mL/L)
0,06 horas	0,01	0,05	0,05
0,12 horas	0,05	0,10	0,10
0,18 horas	0,10	0,15	0,10
0,24 horas	0,15	0,18	0,15
0,27 horas	0,18	0,25	0,20
1 hora	0,10	0,15	0,10

En un día soleado, cuyo caudal aforado fue uno de los menores valores en la red, se determinó que los sólidos sedimentables en volumen por cada hora que fueron analizadas en tres conos distintos, se encontró: 0,10 mL de sólidos por litro se sedimentan cada hora en todo el recorrido de la alcantarilla, en el segundo cono se determinó que 0,15 mL por cada litro de sólidos se sedimentan en una hora, además en un tercer análisis 0,1 mL por cada litro de sólidos se sedimenta por cada hora; en promedio 0,12 mL de sólidos se logran sedimentar por cada hora en el canal de la alcantarilla.

**Tabla 9***Análisis de solidos suspendidos en épocas de estiaje*

Sólidos sedimentables mL/L	Sólidos totales mg/L	Sólidos suspendidos mg/L
0,13	685	684,87
0,15	998	997,85
0,18	864	863,82
0,13	678	677,87
0,12	547	546,88

En los días analizados se tomaron como medidas de solidos sedimentables a los promedios diarios tomados en la alcantarilla y además se realizó el análisis de solidos totales en el que incluyen compuestos y otros sólidos, determinando que la mayoría de solidos están en suspensión la mayor cantidad de sólidos en suspensión son 997,85 mg/L y la menor cantidad de sólidos en suspensión fue 546,88 mg/L cabe mencionar que la mayor cantidad de solidos sedimentables fue de 0,18 mg/L y la menor cantidad sedimentable fue 0,12 mg/L en el tiempo de una hora, dentro de la red de alcantarillado combinado.

Análisis realizados en épocas de avenida:

**Tabla 10***Sexto análisis de sólidos sedimentables*

Tiempo de sedimentación	Solidos sedimentables en estiaje (mL/L*hora)		
	CA (mL/L)	CB (mL/L)	CC (mL/L)
0,06 horas	0,50	0,80	0,60
0,12 horas	0,60	0,82	0,60
0,18 horas	0,60	0,85	0,70
0,24 horas	0,70	0,90	0,70
0,27 horas	0,70	1,00	0,70
1 hora	0,40	0,80	0,40

En días lluviosos también se tomaron muestras, cuyos caudales aforados fueron mayores en valores en la red, se determinó que cantidad de sólidos sedimentables en volumen por cada hora se logran sedimentar en tres conos distintos, se encontró: 0,40 mL de solidos por litro se sedimentan cada hora en todo el recorrido de la alcantarilla, en el segundo cono se determinó que 0,80 mL por cada litro de solidos se sedimentan en una hora, además en un tercer análisis 0,40 mL por cada litro de solidos se sedimenta por cada hora.

**Tabla 11***Séptimo análisis de sólidos sedimentables*

Solidos sedimentables en estiaje (mL/L*hora)			
Tiempo de sedimentación	CA (mL/L)	CB (mL/L)	CC (mL/L)
0,06 horas	0,70	1,00	2,00
0,12 horas	1,00	1,00	2,50
0,18 horas	1,50	1,50	2,70
0,24 horas	2,00	2,00	2,80
0,27 horas	2,00	2,50	3,00
1 hora	0,70	1,30	2,00

En días lluviosos también se tomaron muestras, cuyos caudales aforados fueron mayores en valores en la red, se determinó que cantidad de sólidos sedimentables en volumen por cada hora se logran sedimentar en tres conos distintos, se encontró: 0,70 mL de solidos por litro se sedimentan cada hora en todo el recorrido de la alcantarilla, en el segundo cono se determinó que 1,30 mL por cada litro de solidos se sedimentan en una hora, además en un tercer análisis 2,00 mL por cada litro de solidos se sedimenta por cada hora.

**Tabla 12***Octavo análisis de sólidos sedimentables*

Solidos sedimentables en estiaje (mL/L*hora)			
Tiempo de sedimentación	CA (mL/L)	CB (mL/L)	CC (mL/L)
0,06 horas	0,40	0,50	0,50
0,12 horas	0,60	0,60	0,55
0,18 horas	0,70	0,70	0,60
0,24 horas	0,80	0,80	0,70
0,27 horas	0,90	0,90	0,75
1 hora	0,50	0,45	0,40

En días lluviosos también se tomaron muestras, cuyos caudales aforados fueron mayores en valores en la red, se determinó que cantidad de sólidos sedimentables en volumen por cada hora se logran sedimentar en tres conos distintos, se encontró: 0,50 mL de solidos por litro se sedimentan cada hora en todo el recorrido de la alcantarilla, en el segundo cono se determinó que 0,45 mL por cada litro de solidos se sedimentan en una hora, además en un tercer análisis 0,40 mL por cada litro de solidos se sedimenta por cada hora.

**Tabla 13***Noveno análisis de sólidos sedimentables*

Solidos sedimentables en estiaje (mL/L*hora)			
Tiempo de sedimentación	CA (mL/L)	CB (mL/L)	CC (mL/L)
0,06 horas	0,30	0,20	0,20
0,12 horas	0,40	0,40	0,30
0,18 horas	0,50	0,45	0,35
0,24 horas	0,50	0,50	0,40
0,27 horas	0,66	0,60	0,50
1 hora	0,40	0,30	0,20

En días lluviosos también se tomaron muestras, cuyos caudales aforados fueron mayores en valores en la red, se determinó que cantidad de sólidos sedimentables en volumen por cada hora se logran sedimentar en tres conos distintos, se encontró: 0,40 mL de solidos por litro se sedimentan cada hora en todo el recorrido de la alcantarilla, en el segundo cono se determinó que 0,30 mL por cada litro de solidos se sedimentan en una hora, además en un tercer análisis 0,20 mL por cada litro de solidos se sedimenta por cada hora.

**Tabla 14***Décimo análisis de sólidos sedimentables*

Solidos sedimentables en estiaje (mL/L*hora)			
Tiempo de sedimentación	CA (mL/L)	CB (mL/L)	CC (mL/L)
0,06 horas	0,20	0,20	0,30
0,12 horas	0,25	0,30	0,32
0,18 horas	0,30	0,35	0,37
0,24 horas	0,33	0,40	0,40
0,27 horas	0,40	0,50	0,45
1 hora	0,25	0,30	0,20

En días lluviosos también se tomaron muestras, cuyos caudales aforados fueron mayores en valores en la red, se determinó que cantidad de sólidos sedimentables en volumen por cada hora se logran sedimentar en tres conos distintos, se encontró: 0,25 mL de solidos por litro se sedimentan cada hora en todo el recorrido de la alcantarilla, en el segundo cono se determinó que 0,30 mL por cada litro de solidos se sedimentan en una hora, además en un tercer análisis 0,20 mL por cada litro de solidos se sedimenta por cada hora.

**Tabla 15***Segundo análisis de solidos suspendidos en época de avenidas*

Sólidos sedimentables	Sólidos totales	Sólidos suspendidos
mL/L	mg/L	mg/L
0,53	1 114	1 113,47
1,33	1 384	1 382,67
0,45	1 268	1 267,55
0,45	1 125	1 124,55
0,25	1 453	1 452,75

En promedio la cantidad de solidos sedimentables determinados para cada día de análisis realizado fueron 0,25 mL hasta 1,33 mL de solidos que se sedimentan por cada litro y cada hora que pasa, así mismo se determinó la cantidad de solidos totales disueltos en el agua que se tomó de muestra los cuales tiene como mayor valor ah 1 453 mg y como menor cantidad en días de lluvia 1 114 mg, estos valores indicarían que la mayoría de solidos por el caudal que presentan no se logran sedimentar y se encuentran suspendidos en el agua cuya mayor presencia se observa en 1 452,75 mg y menor 1 113,47 mg por cada hora y litro.

**Tabla 16***Caudal, espacio y tiempo de la sedimentación*

Pruebas	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Espacio (m)	Tiempo (hora)	Sedimentación (mL/L.hora)
P01	CA	1,94	1,940	0,800
	CB	1,94	1,940	0,800
	CC	1,94	1,940	0,800
P02	CA	0,35	0,350	0,180
	CB	0,35	0,350	0,180
	CC	0,35	0,350	0,180
P03	CA	0,22	0,220	0,800
	CB	0,22	0,220	0,800
	CC	0,22	0,220	0,800
P04	CA	0,087	0,087	0,190
	CB	0,087	0,087	0,190
	CC	0,087	0,087	0,190
P05	CA	1,77	1,770	1,360
	CB	1,77	1,770	1,360
	CC	1,77	1,770	1,360
P06	CA	1,58	1,580	0,700
	CB	1,58	1,580	0,700
	CC	1,58	1,580	0,700
P07	CA	2,41	2,410	1,220
	CB	2,41	2,410	1,220
	CC	2,41	2,410	1,220
P08	CA	2,42	2,420	0,950
	CB	2,42	2,420	0,950
	CC	2,42	2,420	0,950
P09	CA	2,17	2,170	1,100
	CB	2,17	2,170	1,100
	CC	2,17	2,170	1,100
P10	CA	1,99	1,990	0,780
	CB	1,99	1,990	0,780
	CC	1,99	1,990	0,780

Se realizaron diez diferente aforos en diez días distintos y en estos se realizaron la medición de caudales en dos puntos diferentes, tanto en épocas de avenidas, como de estiaje,

y estos valores de caudales varían desde 0,087 m<sup>3</sup>/s como caudal más bajo y 2,42 m<sup>3</sup>/s como mayor caudal que se ha logrado determinar en la alcantarilla, así mismo como espacio en el proceso de sedimentación se ha tomado a la altura referencial en el momento de la toma de muestra, ya que esta está ligada de forma vectorial con el resultado esperado, así mismo la sedimentación, en días de lluvia y en días soleados, fue distinta por varios factores, uno de ellos las descargas, teniendo como mayor cantidad de sedimentación a 0,5 mL/L.hora

**Tabla 17**

*Análisis de sedimentación en época de estiaje*

Hora (mg)	Volumen sedimentado		
	Diario (mg)	Semanal (mg)	Mensual (mg)
0,13	3,12	21,84	655,2
0,15	3,6	25,2	756
0,18	4,32	30,24	907,2
0,13	3,12	21,84	655,2
0,12	2,88	20,16	604,8

Realizando un análisis de proyección diaria semanal y mensual de la cantidad de sedimentos en las alcantarillas, se determinó que, si en una hora se sedimenta en promedio 0,13 mg de sólidos, en un día habrá 3,12 mg y semanal seria 21,84 mg llegando hasta los 655,2 mg mensuales; en cambio si en una hora se sedimenta en promedio 0,18 mg de sólidos, en un día habrá 4,32 mg y semanal seria 30,24 mg llegando hasta los 907,2 mg mensuales, este valor es la proporción mayoritaria programada, porque en su minoría la cantidad seria 756 mg de sólidos.

**Tabla 18**

*Análisis de sedimentación en época de avenida*

Hora (mg)	Volumen sedimentado		
	Diario (mg)	Semanal (mg)	Mensual (mg)
0,53	12,72	89,04	2671,2
1,33	31,92	223,44	6703,2
0,45	10,8	75,6	2268
0,3	7,2	50,4	1512
0,25	6	42	1260

Realizando un análisis de proyección diaria semanal y mensual de la cantidad de sedimentos en las alcantarillas, pero en muestras tomadas después de precipitaciones, se determinó que, si en una hora se sedimenta en promedio 0,25 mg de sólidos, en un día habrá 6,00 mg y semanal sería 42,00 mg llegando hasta los 1 260,00 mg mensuales; en cambio si en una hora se sedimenta en promedio 1,33 mg de sólidos, en un día habrá 31,92 mg y semanal sería 223,44 mg llegando hasta los 6 703,2 mg mensuales, este valor es la proporción mayoritaria programada.

**Tabla 19**

*Análisis granulométrico y detalles*

Tamiz	Tamaño (mm)	Porcentaje %
1/4"	6,35	0,01
4	4,76	0,74
8	2,38	0,02
10	2	0,01
16	1,19	0,02
20	0,84	0,03
30	0,59	0,10
40	0,426	0,31
50	0,297	0,01
60	0,25	0,10
80	0,177	0,23
100	0,149	0,03
200	0,074	0,01
Fondo	0,01	0,12

Los resultados del análisis granulométrico realizado a los sólidos sedimentables dentro de la alcantarilla pluvial, las cuales se adhieren a las paredes de la alcantarilla, en el sector Shango de la ciudad de Moyobamba, demuestran que la mayoría de sólidos encontrados son menores a 0,59 mm y bajando, a parte una gran cantidad de gravas o piedritas de 4,76 mm, una significativa parte de limo y arcilla de diámetro menor a 0,01 mm están presentes dentro de los sólidos en la alcantarilla, como se puede resumir la mayor cantidad de sólidos sedimentables dentro de la alcantarilla representan a partículas de diámetro menor y una cantidad de esta representa cierta plasticidad como la arcilla y limo que usualmente representan un gran problema por su adherencia y efecto perjudicial dentro de las mismas.



En otras palabras, las proporciones y clasificaciones del tipo de suelo que se tamizó son los siguientes:

**Tabla 20**

*Tipos de granulometría*

Análisis granulométrico	
Tipos	Porcentaje %
Grava	0,02
Arena	0,86
Limos y arcillas	0,12

La clasificación total de la muestra de suelo en la alcantarilla según los resultados del análisis lo clasifican como arena mal graduada ligeramente limosa, la cual nos indica la gran cantidad de variación de tamaños.

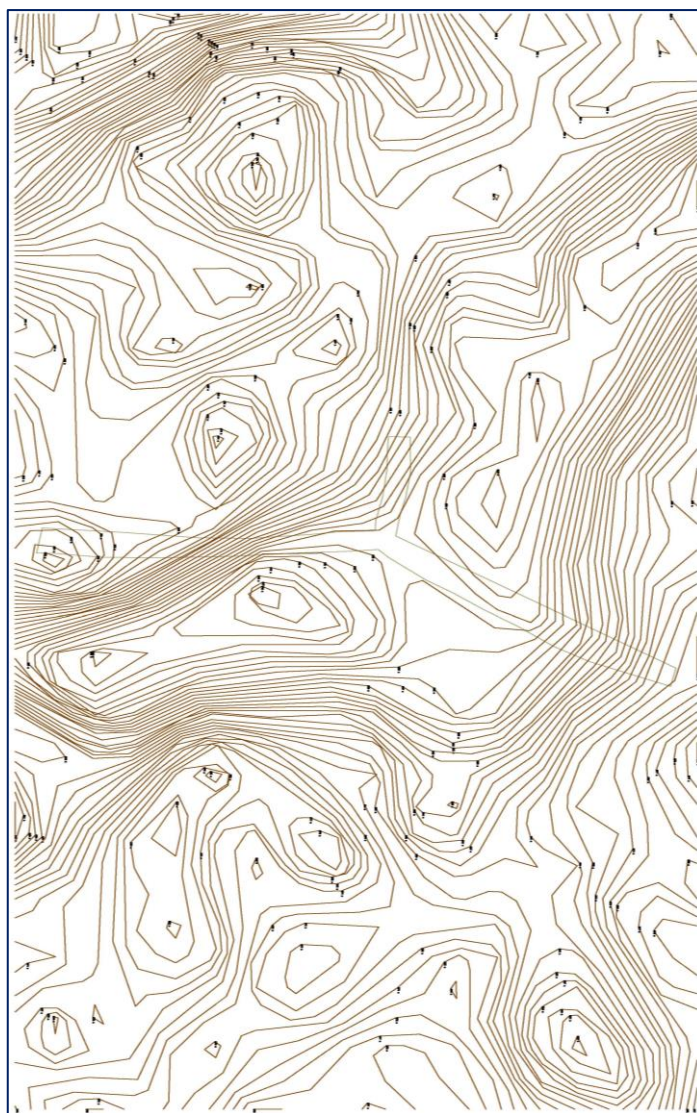
Sin embargo, cabe mencionar que la mayor cantidad de sólidos que se quedan en la superficie son residuos sólidos de gran cantidad y volumen, aunque no peso.

### **3.3. Estado de la red de alcantarillado público combinado de la ciudad de Moyobamba.**

El diagnóstico realizado fue tomando en cuenta las condiciones y características según informes del SEDAPAL:

#### **a. Situación espacial de la ubicación de alcantarillas**

Las curvas de nivel, como se muestra en la figura se puede ver la gran cantidad de elevaciones y superficies irregulares en todo el recorrido de la avenida Ignacia Velásquez, cuya particularidad en estas alcantarillas es principalmente la superficie irregular que muestran estas y las grandes pendientes a las que están sujetas, además de mostrar un diseño poco configurado y mal estructurado para una calle trascurrida (Ver plano indicado de curvas de nivel en el anexo 05).



**Figura 4.** Curvas de nivel de la zona de estudio

Se reconoce que la cota más elevada en la parte superior de la bajada que puede ser identificada en la figura pues se muestra delimitada por el polígono en forma de cruz, la parte superior de la bajada tiene una cota de elevación de 873 m, claro que en los lados laterales se encuentra elevaciones de hasta 880 m, además en la parte baja de la red de alcantarillado se tiene una cota de elevación de 851 m, con lo que se puede corroborar que esta situación está expresada por una diferencia de alturas:

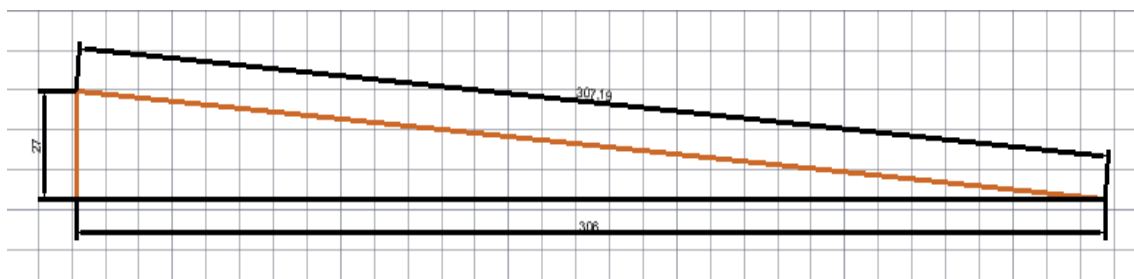
Cota máxima para la red de alcantarillado pluvial: 873 m

Cota mínima para la red de alcantarillado pluvial: 851 m

Desnivel = 873 m – 851 m

Desnivel = 27 m

Es decir, son 27 metros de diferencia entre la parte más alta y más baja de la alcantarilla pluvial, además se considera como pendiente máxima, según teorema de Pitágoras:



**Figura 5.** Medidas de la pendiente en shango

Considerando que la elevación es el cateto a, cuyo segmento en el triángulo es BC y su medida es 27 m, además el cateto b que es la distancia horizontal medida desde la parte superior de la alcantarilla representada por el segmento CA es 306 m, a partir de ahí calculamos la distancia total descrita por la endiente:

$$C^2 = 27^2 + 306^2$$

$$C = 307,18 \text{ m}$$

Además, la pendiente viene a ser  $27 / 306 = 0.08$  en términos porcentuales 8 %

Lo que se puede describir que por cada 100 metros se baja 8 metros del nivel más alto del suelo.

Esto indica los grandes accidentes topográficos a los que las alcantarillas dentro de la ciudad se encuentran sometidas y por lo que se deben tener en cuenta al momento del diseño, calculo y construcción.

#### b. Calidad de alcantarillas

La vida útil de las tuberías depende de la calidad de fabricación de los materiales, esta característica, aunada a otros procesos hidráulicos y biológicos que se forman en los sistemas de alcantarillado, puede reducir la vida útil de las mismas.

Antigüedad de Instalación:

Calidad probable: mala

Estado físico de alcantarillas:

En el estudio de buzones y tuberías se han podido identificar buzones y tuberías con diferentes grados de corrosión de acuerdo a criterios establecidos por el Water Resource Center (WRC) de Inglaterra.

En la estructura de cemento con muros de 15 cm de ancho tenemos un grado 2, poco nivel de corrosión, pues se observa en la figura 09.

Se puede observar que la infraestructura se encuentra deteriorada y corroída, de forma que se observan las paredes en estado deplorable y con espacios de concretos retirados y excavados por la presencia del agua y sus contaminantes, además se observa moho y grasa adherida a las paredes.

Además, como parte de su infraestructura se consideró las barandas es por ello que los usos de las barandas metálicas para la protección de las alcantarillas se encuentran en el grado 4 alto nivel de corrosión, (ver figura 08), Incluso se puede observar como la estructura ha descendió hasta los 89 cm de altitud del 1.10 que debería tener, pues se encuentran totalmente corroídas las bases.

Debido a la influencia que tiene las deficiencias de la infraestructura actual, se ha realizado un análisis de los problemas e incidencias que se presentan a continuación:

### **Relación de incidencias en el alcantarillado pluvial en relación a los sólidos totales**

Generalmente los reportes se clasifican en atoros, aniegos, etc., pero no necesariamente se encuentran sindicados como “Colapsos”.

Según los reportes de SEDAPAL en la mayoría de casos reportados, los atoros se dan por la incapacidad de las redes de alcantarillado para evacuar residuos sólidos. Otra causa que se ha encontrado muy frecuentemente son los atoros por desagües Industriales o de características no domesticas; que por sus características afectan a la red y en este caso causan atoros como consecuencia de vertidos de aceites, grasas y/o sedimentos.

Se ha encontrado también que muchos aniegos que se han señalado como incidencia en la red de alcantarillado, habiendo sido la causa por rotura de una red de agua potable o desvíos de canales de regadíos.

**Tabla 21***Importancia de incidencias*

Incidencias		
Previstas	No previstas	
Operación y mantenimiento	Uso inadecuado	1
	Alcantarillas abiertas	1
	Eliminación de residuos solidos	1
	Capacidad	0
	Estado de la red	0
	Descarga de aguas grises	0
	Descarga de aguas negras	0
	Descarga final en quebrada	0

**Leyenda:**

0 = no principal

1 = principal

En el anterior cuadro se determinaron algunas incidencias, de acuerdo al grado de influencias que tienen en las redes de alcantarillado estudiadas, las cuales representan 0 en las no principales y 1 para las principales; como incidencias previstas tenemos la operación y mantenimiento de redes de alcantarillado pluvial las cuales no se realizan y son prioritarias para el uso adecuado de las mismas y el correcto funcionamiento de la red; están como no previstas el uso inadecuado, es decir que las alcantarillas no están siendo tomadas como redes de alcantarillado pluvial o residual, las personas y autoridades no certifican su uso y por ende combinan sus desechos, otra incidencia es la eliminación de residuos sólidos de tamaño medio y hasta muy grande como plásticos, cartones y otros, lo que impide la esorrentía normal de aguas arriba, las demás incidencias no se consideran principales pero si existen dentro del estudio realizado, pues dentro de este alcantarillado pluvial se vierten descargas de aguas grises, aguas negras y de una quebrada o canal, así mismo el estado de esta red es mala y la capacidad se reduce.

Riegos y peligros que provocan los problemas identificados en redes según la Organización Panamericana de la Salud OPS (2005):

**Tabla 22***Identificación de peligros y riesgos*

Riesgos	Peligros	Presencia	Incidencia
Obstrucciones	Grasas	1	1
	Trapos, plásticos y vidrios	1	3
	Raíces	1	2
	Arenas y piedras	1	3
	Soporte inapropiado	1	3
Pérdida de capacidad	Fallas por cargas vivas	1	1
	Movimiento del suelo		1
	Daños causados por otras instituciones	1	2
	Raíces	1	2
	Vandalismo	1	2
	Conexiones cruzadas con pluviales	1	3

**Leyenda:**

Presencia

0= no existe

1= existe

Incidencia

1=Baja

2=Regular

3=Fuerte

En la tabla se describe que si existe presencia de todos los peligros y riesgos identificados como problemas segunda la OPS (2005), el mismo que distribuye dos riesgos por diferente peligros como las obstrucciones y la perdida de la capacidad de las alcantarillas, además que coloca un rango de incidencias para los peligros identificados como fuertes: los residuos sólidos como trapos, plásticos y vidrios, la presencia de arenas y piedras, en la pérdida de capacidad de la infraestructura actual, y las conexiones cruzadas pues se

determinó que esta se combina con diferentes descargas de aguas residuales domésticas y no domésticas; tienen incidencias de forma regular los peligros tales como: raíces, daños causados por otras instituciones (lavaderos), las raíces, pues existe vegetación creciendo, y el vandalismo identificado como las destrucciones por parte de las personas que pasan y provocan destrozos.

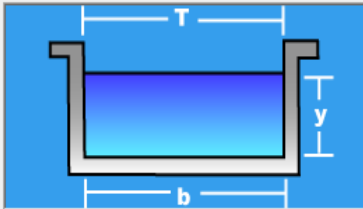
Propuesta de infraestructura y pre dimensionamiento de alcantarilla pluvial en la av. Ignacia Velásquez:

Para el pre dimensionamiento se ha utilizado datos meteorológicos del SENAMHI anexo 06, y el caudal máximo determinado en la investigación, utilizando el programa de HCANALES, como se muestra en la siguiente figura:

Lugar:	AV. IGNACIA VELASQUEZ	Proyecto:	ALCANTARILLA PLUVIAL
Tramo:	CUADRA 1 - 2 Y 3	Revestimiento:	CONCRETO

<b>Datos:</b>	
Caudal (Q):	2.4767 m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	0.7 m
Talud (Z):	
Rugosidad (n):	0.014
Pendiente (S):	0.01 m/m

<b>Resultados:</b>			
Tirante normal (y):	1.1852 m	Perímetro (p):	3.0703 m
Área hidráulica (A):	0.8296 m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	0.2702 m
Espejo de agua (T):	0.7000 m	Velocidad (v):	2.9854 m/s
Número de Froude (F):	0.8755	Energía específica (E):	1.6394 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico		

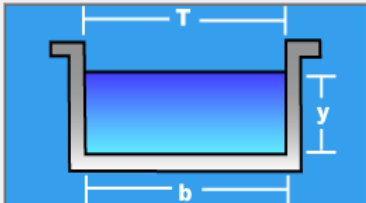
**Figura 6.** Pre dimensionamiento de alcantarilla 1° tramo

Se ha determinado el tamaño de la alcantarilla ubicada en el primer tramo de acuerdo a la pendiente y el caudal determinado en la investigación, en el primer tramo, cuya pendiente es mayor y se determinó que el ancho es 0,70 m de ancho y 1,2 + 0,1 es decir 1,30 m de alto mínimo para la alcantarilla pluvial de la bajada de shango.

Lugar:	AV. IGNACIA VELASQUEZ	Proyecto:	ALCANTARILLA PLUVIAL
Tramo:	CUADRA 1 - 2 Y 3	Revestimiento:	CONCRETO

<b>Datos:</b>	
Caudal (Q):	2.4767 m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	0.9 m
Talud (Z):	
Rugosidad (n):	0.014
Pendiente (S):	0.005 m/m

<b>Resultados:</b>			
Tirante normal (y):	1.1553 m	Perímetro (p):	3.2107 m
Área hidráulica (A):	1.0398 m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	0.3239 m
Espejo de agua (T):	0.9000 m	Velocidad (v):	2.3819 m/s
Número de Froude (F):	0.7075	Energía específica (E):	1.4445 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico		

**Figura 7.** Pre dimensionamiento de alcantarilla 2° y 3° tramo

Se ha determinado el tamaño de la alcantarilla ubicada en el segundo y tercer tramo de acuerdo a la pendiente y el caudal determinado en la investigación, en el segundo y tercer tramo, cuya pendiente es mínima y se determinó que el ancho es 0,90 m de ancho y 1,15 + 0,1 es decir 1,25 m de alto mínimo para la alcantarilla pluvial de la bajada de shango, observar cálculos y pre dimensionamiento en el anexo 07.

### 3.4. Discusión de resultados

En una investigación realizada en el 2014 por Guiuseppe (2014), concluye que actualmente los sistemas de alcantarillado se enfrentan a diversas condiciones adversas como, por ejemplo, el incremento acelerado de la población, mayor presencia de precipitaciones severas, falta de revisión y mantenimiento de las líneas, entre otros; en lo se concuerda totalmente pues en la presente investigación se trataron problemas serios incidentes como las precipitaciones severas, y la falta de mantenimiento de las redes; el autor considera que la existencia de una o varias condiciones adversas puede generar daños en la infraestructura de alcantarillado, como es el caso de la corrosión por sulfuro de hidrógeno, la cual produce un debilitamiento en las paredes de la conducción y en la presente investigación también se presenta este problema y se describe como un grado malo y fuerte.



En la investigación actual se habla de la problemática de la combinación de redes de aguas residuales y de alcantarillado pluvial y Cabrera, Castro y Méndez (2011), nos indica que la implementación del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial es de gran importancia, ya que, con él, se mitigarán los impactos negativos, generados por las aguas residuales producto de la actividad humana, que actualmente se descargan sin ningún tratamiento a las calles y avenidas del Municipio, lo que ocurre de igual manera en la provincia de Moyobamba y por la escorrentía superficial generada en las tormentas y lluvias torrenciales de la ciudad. Además, ambos sistemas de red de alcantarillado, se han logrado desarrollar de tal forma que trabajen enteramente por gravedad, sin necesidad de elementos de bombeo en ningún punto.

Agudelo y Alvear (2015), concluye que la distribución de tamaño de partículas de los sólidos presentes en el agua residual, tiene mayor presencia para agua residuales domésticas, y en la presente investigación se determina que en las aguas residuales combinadas tiene un porcentaje menor que logra sedimentar y un mucho mayor porcentaje para los que se encuentran suspendidos en el agua, en cuestiones de pesos, porque los volúmenes son mucho mayores.

En la investigación de Yáñez (2014), en su trabajo de investigación realizada en la ciudad de Cajamarca sobre la eficiencia del sistema de drenaje pluvial en la Av. Angamos Y Jr. Santa Rosa, se concluyó al analizar el diseño Hidráulico de la Av. Angamos y el Jr. Santa Rosa, que este no es el correcto para un buen funcionamiento del sistema de drenaje, siendo esta una de las causas que alteran la eficiencia del drenaje pluvial. Por consiguiente, se deriva también en la investigación de la estructura hidráulica del sistema de alcantarillado tiene problemas al presenciar una gran pendiente y variar aportantes a la red; al analizar la zona en estudio se verificó que el sistema de drenaje es ineficiente de igual forma que en la investigación, por su falta de capacidad.

En la investigación se utilizó el análisis de SEDAPAL para redes de alcantarillado, así mismo Cornejo (2017), analiza las actividades del equipo de intervención social del proyecto “Lote 3” de SEDAPAL (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima) desarrollado en el distrito de Comas, Lima, para determinar si modificó el comportamiento de la población en sus prácticas de uso del agua potable y del alcantarillado y no perciben un

cambio sustancial tras el proyecto; en cambio en la investigación si se percibe una influencia importante en las alcantarillas, pues la población cercana juega un papel muy importante en su deterioro, aunque sus prácticas siguen siendo poco informativas y a tal escasa información, poca concientización.

## CONCLUSIONES

La sedimentación de sólidos en la red de alcantarillado es menor para tiempos de estiaje con 0,12 mg/L en cada hora y mayor en tiempos de avenidas con 1,33 mg/L por cada hora.

El caudal mínimo en época de estiaje en la red de alcantarillado pluvial es de ,087 m<sup>3</sup>/s y el caudal máximo es de 2,42 m<sup>3</sup>/s para épocas de avenidas en ambos puntos de la red de alcantarillado.

La calidad de la red de alcantarillado pluvial es mala y el estado físico de la estructura de acuerdo a criterios establecidos por el Water Resource Center (WRC) de Inglaterra es mala.

El tipo de sólidos sedimentados dentro de la alcantarilla representa un 11,54 % de limos, arcillas, 86,54 % de arena y 2,22 % de grava.

Las principales incidencias previstas como problemas en la red es la operación y mantenimiento de redes de alcantarillado pluvial y entre las no previstas están el uso inadecuado, es decir los vertidos combinan sus desechos, otra incidencia es la eliminación de residuos sólidos de tamaño medio y hasta muy grande como plásticos, cartones y otros.

Los peligros identificados como fuertes problemas en las redes de alcantarillado son: los residuos sólidos como trapos, plásticos y vidrios, la presencia de arenas y piedras; los cuales forman parte de los sólidos sedimentables en la red de alcantarillado.

La cantidad de sólidos sedimentables en las aguas residuales de alcantarillado pluvial es mucho menor que la cantidad de sólidos sedimentables suspendidos, pues de 1 453 mg/L sólidos totales solo 0,25 mg/L se sedimenta y todo lo demás queda suspendido.

## **RECOMENDACIONES**

A la autoridad competente se le recomienda supervisar el vertimiento de aguas residuales domésticas y no domésticas, que se encuentran vertiendo sus aguas a redes de alcantarillado pluvial.

Mejorar la estructura hidráulica y constructiva de la alcantarilla, pues se encuentra expuesta y está siendo corroída por efectos climáticos acompañada de la composición del agua residual.

Mejorar la operación y mantenimiento de la red de alcantarillado pluvial en la ciudad de Moyobamba, para evitar colapsos y atoros en épocas de lluvia.

Realizar inspecciones lideras por la EPS- Moyobamba, en donde se supervise el estado de una red y se categorice a fin de mejorar el sistema y prevenir situaciones futuras.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGANDOÑA L.E. Y MACÍAS G. *Determinación de sólidos totales, suspendidos, sedimentados y volátiles, en el efluente de las lagunas de oxidación situadas en la parroquia Colón, Cantón Portoviejo, provincia de Manabí, durante el período de marzo a septiembre 2013* (Tesis de grado). Universidad técnica de Manabí. Ecuador. 2013

AGUDELO J.F. Y ALVEAR A.E. *Estudio de la sedimentabilidad de los sólidos presentes en el tratamiento primario del agua residual doméstica de la ciudad de Cali* (Tesis de pregrado). Universidad de Valle. Colombia. 2015

CABRERA E.E., CASTRO J.C. Y MÉNDEZ R. *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario, aguas lluvias, y planta de tratamiento de aguas residuales para el área urbana del municipio de San Matias, departamento de la Libertad* (Tesis de grado). Universidad de el Salvador. El Salvador. 2011

CAMACHO A. *Sólidos totales*. Recuperado de: [Cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/1/PerezAlarconyCamachoAlcala.pdf](http://Cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/1/PerezAlarconyCamachoAlcala.pdf)2014

CEDRENOS O.Z. Y CRIBILLEROS A.C. *Diagnóstico del sistema de aguas residuales en Salaverry y propuesta de solución* (Tesis de pre grado). Universidad Privada Antenor Orrego. Perú. 2017. Recuperado de. [http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/3561/1/RE\\_ING.CIVIL\\_OLGA.CEDR%C3%93N\\_ANA.CRIBILLEROS\\_DATOS.PDF](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/3561/1/RE_ING.CIVIL_OLGA.CEDR%C3%93N_ANA.CRIBILLEROS_DATOS.PDF)

CEPIS *Evaluación de plantas de tratamiento de agua. Tomo 1*, Programa de protección de la salud ambiental, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Lima, Perú. 1984

CHANSON H. *Hidráulica del flujo en Canales Abiertos*. Ed. McGraw Hill. Colombia Pag.422. 2002

CHÁVEZ F.J. *Simulación y optimización de un sistema de alcantarillado urbano* (Tesis de grado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú. 2016

CONSEJO CONSULTIVO DE AGUA A.C. ¿Qué es el estiaje? 2019. Recuperado de: <https://www.aguas.org.mx/sitio/blog/notas/item/1668-que-es-el-estiaje.html>

CORNEJO W.D. *Análisis de la intervención social para la mejora de las prácticas en el uso del agua potable y alcantarillado de la población beneficiaria del proyecto de rehabilitación de redes de agua potable y alcantarillado Lote 3 de SEDAPAL, Comas, Lima* (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú. 2017

DGIAR- Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego. Manual N°05 – Medición de agua. Segunda edición MINAGRI. Perú. 2015

GUIUSEPPE F. *Problemática de los sistemas de alcantarillado* (Tesis de grado). Universidad Nacional Autónoma de México. México. 2014

HACH CATALOGUES Sólidos *Suspendidos Totales. Método 94*. Resumen del método. Edición segunda. Estados Unidos. 2005

LA TERCERA. *Los desplazamientos de tierra en las alcantarillas nacionales*. Recuperado de: <https://www.latercera.com/Chile>. 2015

LONDOÑO A., GIRALDO G.I., GUTIÉRREZ A.A. *Métodos analíticos para la evaluación de la calidad fisicoquímica del agua*. Universidad Nacional de Colombia. Colombia. Primera edición. Editorial Blanecolor Ltda. Pág. 45 – 50. 2010

MERCADO C.A. *Estimación y comparación de métodos teóricos con modelos matemáticos en la producción de sedimentos. aplicación a la cuenca del rio Allahualla* (Tesis de pre grado). Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Perú. 2014

NEVYL. *Diseño de acueducto y alcantarillado. Definición y estructuración de redes de acueducto y alcantarillado en la actualidad*. Recuperado de: <http://garrynevyll.blogspot.com/2010/04/definicion-de-acueducto-y.html>. 2019

NORMA OS 060 *Drenaje pluvial urbano*. Diario el Peruano. Perú. 2017

OEFA – ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL. *Fiscalización ambiental en aguas residuales*. Ministerio del ambiente. Lima. Perú. 2014.

OPS/OMS *Operación y mantenimiento de sistemas de alcantarillado sanitario en el medio rural*. UNATSABAR. Perú. 2005

OMS – ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD *Agua saneamiento y salud*. Recuperado de: WHO.it.2018

PALACIOS A. *Problemática del agua y saneamiento en el Perú*. Planteamientos. Diario Expreso. Lima. Perú. 2016

PALOMBARINI M. *Determinación de sólidos*. Recuperado de: <http://es.scribd.com/doc/38721934/determinacion-de-sólidos2013>

PAOH *Sólidos totales disueltos*. Recuperado de: [http://www.bvsde.paho.org/cd-gdwq/docs\\_quimicos/Solidos%20disueltos%20totales.pdf](http://www.bvsde.paho.org/cd-gdwq/docs_quimicos/Solidos%20disueltos%20totales.pdf) 2014

PÉREZ FARRÁS, L. *Teoría de la sedimentación*, Cátedra de hidráulica aplicada a la ingeniería sanitaria, Instituto de ingeniería sanitaria y ambiental, Facultad de ingeniería. Universidad de Buenos Aires. 2005

QUINCHO J.B. *Estudio experimental del transporte de sedimentos en suspensión y fondo y comparación con fórmulas empíricas en los ríos Puyango~Tumbes y Zarumilla* (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú. 2015

QUISPE P.O. *Diseño de alcantarillado de cajón rectangular; comparación analítica, empírica y modelación numérica* (Tesis de pre grado). Universidad Ricardo Palma. Perú. 2008

RAMÍREZ L. *Diseño de colectores de alcantarillado aplicando el criterio de tensión tractiva*. Ingeniería Hidráulica y Ambiental. Vol. XXIII. No. 1. Cuba. 2002

RAMOS L. Y FLORES L. *Caracterización de sedimento acumulado en alcantarillas*. Caso: Ciudad de Santander en España. Anales científicos UNALM Vol 70 N° 2. España. 2008

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES N° 021 – 2017 – vivienda. Ministerio de vivienda. Perú. 2017

RENGIFO D.A. Y SAFORA R.A. *Propuesta de diseño de un sistema de alcantarillado y/o unidades básicas de saneamiento en la localidad de Carhuacocha, distrito de Chilia – Pataz – La Libertad* (Tesis de grado). Universidad Privada del Norte. Perú. 2017

REYES G.A. *Análisis granulométrico mecánico, ensayo #2*. Instituto San Pedro Sula. Recuperado de: <https://www.monografias.com/trabajos98/analisis-granulometrico-mecanico/analisis-granulometrico-mecanico.shtml/2013>

SIAPA. *Criterios y lineamientos técnicos para factibilidades. Alcantarillado Sanitario*. Recuperado de: [http://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo3\\_alcantarillado\\_sanitario\\_2014.pdf](http://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo3_alcantarillado_sanitario_2014.pdf)

URGILEZ P.F. *Control de calidad de agua y análisis de sedimentos en la microcuenca del río Tabacay* (Tesis de grado). Universidad de Cuenca. Ecuador. 2016

VAN L. *Principios de Transporte de Sedimentos en Ríos, Estuarios y Mares Costeros*, Aqua Publication P.O. Box 9896 Amsterdam The Netherlands. 1993

VEN TE CHOW. *Hidrología Aplicada*, Editor: McGraw-Hill. Colombia. 1993

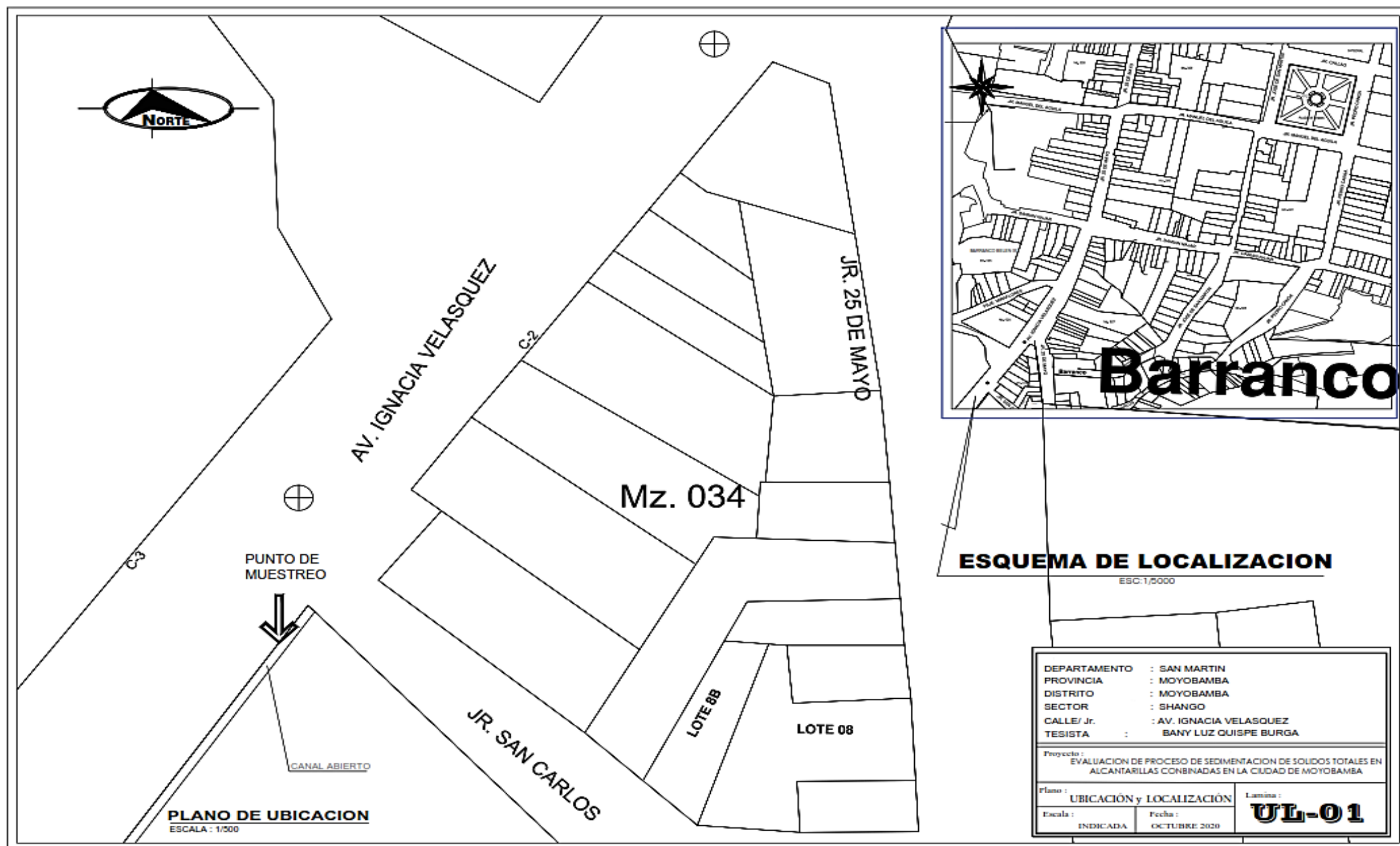
VERA L.E. *Análisis de aforo de la estación hidrométrica Obrajillo*. UNSM. 2000. Recuperado de: [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Ingenie/Vera\\_H\\_L/Cap3.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Ingenie/Vera_H_L/Cap3.pdf)

YÁÑEZ E.P. *Eficiencia del sistema de drenaje pluvial en la Av. Angamos y Jr. Santa Rosa* (Tesis de grado). Universidad Privada del Norte. Perú. 2014



## **ANEXOS**

### Anexo 1: Plano de vía (av. Ignacia Velásquez)



**Anexo 2: Panel fotográfico**

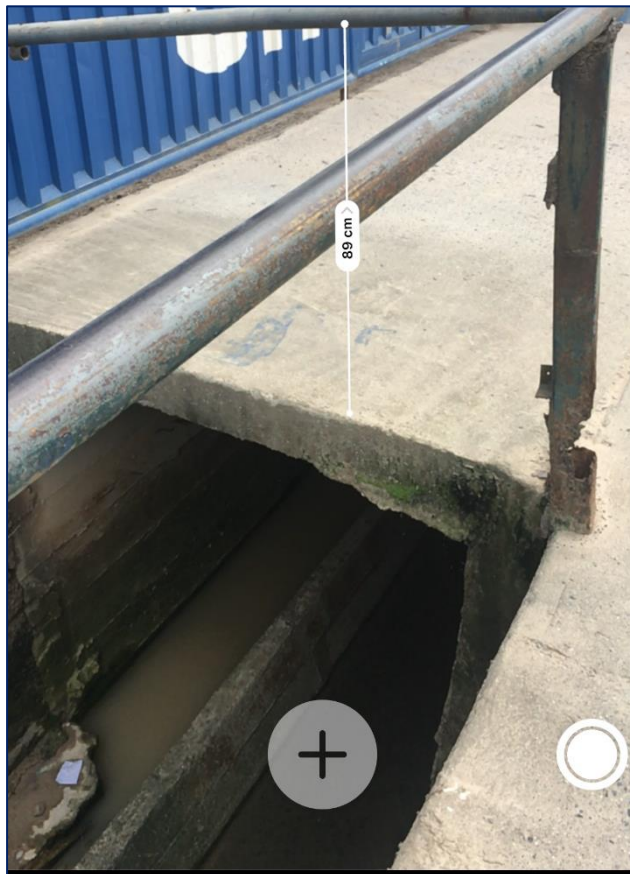
**Figura 8.** Caudal del alcantarillado bajo en época de estiaje



**Figura 9.** Caudal del alcantarillado alto en época de estiaje



**Figura 10.** Caudal del alcantarillado alto en época de avenidas



**Figura 11.** Estado físico de tuberías de metal





*Figura 12. Estado físico de alcantarillas*

### Anexo 3: Tabla de factores

**Tabla 23**

*Determinación de Factor de Corrección  $F_c$  para cálculo de caudales*

Tipo de cauce	Factor de corrección
Canal revestido en concreto	
Profundidad del agua > 15 cm	0,8
Canal de tierra	
Profundidad del agua > 15 cm	0,7
Riachuelos	
Profundidad del agua > 15 cm	0,5
Canal de tierra	
Profundidad del agua < 15 cm	0,5-0,25
Fuente: (DGIAR, 2015).	

## Anexo 4: Análisis granulométrico



*Centro de Servicios,  
consultoría y ejecuciones de obras públicas y privadas  
Carretera Fernando Belaunde Terry Km. 493.50, Moyobamba - Perú*

Moyobamba, 04 de setiembre del 2020

### **INFORME N° 33– 2020 LM CECONSE-LLM**

Señora : Bani Luz Quispe Burga  
Proyecto : Evaluación del proceso de sedimentación de sólidos totales de las aguas residuales en alcantarillas combinadas, Moyobamba.  
Asunto : RESULTADOS DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.

#### **I. GENERALIDADES.**

##### **NOMBRE DEL PROYECTO**

EVALUACIÓN DEL PROCESO DE SEDIMENTACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES DE LAS AGUAS RESIDUALES EN ALCANTARILLAS COMBINADAS, MOYOBAMBA.

##### **INTRODUCCIÓN**

El análisis granulométrico tiene como finalidad obtener la distribución por tamaño de las partículas presentes en las muestras de suelo. Así es posible determinar también su clasificación mediante sistemas SUCS o AASHTO.

Para obtener la distribución de tamaños, se emplean tamices normalizados y numerados, dispuestos en orden decreciente. Para suelos con tamaño de partículas mayor a 0,075 mm. (74 micrones) se utiliza el método de análisis mecánico mediante tamices de abertura y numeración.

##### **OBJETIVOS**

- cuantitativamente la distribución de tamaño de partículas por medio del proceso de tamizado y el cálculo de los coeficientes de uniformidad,  $C_u$ , y curvatura  $C_c$ , siempre y cuando sean aplicables.

LM CECONSE E.I.R.L.  
  
ING. CIVIL OIP N° 75233  
JEFE LABORATORIO  
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

#### **FINALIDAD Y ALCANCE**

Este Modo Operativo describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 74mm (N°200)

Este modo operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso.

#### **NORMATIVA**

ASTM D 422: Standard Test Method for Particle -size Analysis of Soils.

#### **EQUIPOS Y MATERIALES**

Durante el proceso de la determinación de la granulometría de las muestras se emplearon los siguientes equipos y procedimientos:

#### **MATERIALES Y EQUIPOS**

- Horno de secado termostáticamente controlado, capaz de mantener una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.
- Balanza electrónica con 0.01 g de precisión.
- Tamices (3", 2", 1",  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{1}{2}$ ", 3/8",  $\frac{1}{4}$ ", No.4, No. 10, No. 30, No. 50, No. 100, No.200 y bandeja.)
- Desecador conteniendo sílica gel
- Mortero
- Cuarteadores.
- Equipo de manipuleo: Guantes de asbesto, cucharas, taras y cepillo.

#### **MUESTRA A ENSAYAR**

- ✓ Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante (16 muestras).
- ✓ Una vez obtenidas las muestras, fragmentar los agregados del suelo utilizando el mortero hasta obtener granos separados.
- ✓ Secar el suelo en el horno a una temperatura constante  $110 \pm 5$  °C.

**LM CENCONSE E.I.R.L.**

*Luis López Mendoza*  
ING. CIVIL CIP N° 75233  
JEFE LABORATORIO  
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO



- ✓ Seleccionar una cantidad de nuestras representativa según la tabla 1, ya sea por cuarteo o por una selección aleatoria del suelo, mezclando regularmente el material antes de obtener la muestra requerida.

#### PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

1. Determinar la masa del recipiente limpio y seco.
2. Seleccionar una muestra del suelo seco y determinar su masa seca junto con el recipiente,  $M_s + \text{recipiente}$ . Restando la masa de  $3l$  recipiente determinar la masa seca de la muestra del suelo,  $M_s$ .
3. Colocar la muestra del suelo en el tamiz No. 200 y proceder a lavar cuidadosamente utilizando el agua del grifo hasta que esta se vuelva clara y el suelo retenido por el tamiz no presente finos. Tener mucho cuidado de no dañar el tamiz ni perder suelo en este proceso. Si existe una considerable cantidad de material grueso, es recomendable utilizar el tamiz No. 4, además del No. 200, a fin de reducir el daño del tamiz No. 200.
4. Determinar nuevamente la masa del recipiente limpio y seco.
5. El material retenido debe ser cuidadosamente vertido en el recipiente previamente pesado. Se debe de tener cuidado de no dejar partículas del suelo en la malla del tamiz.
6. Dejar de reposar la muestra lavada hasta que la parte superior en suspensión se aclare y las partículas se hayan precipitado casi en su totalidad.
7. Vaciar la mayor parte del agua clara superior y colocar el recipiente mas la muestra de suelo en el horno de secado durante 24 horas.
8. Luego de las 24 horas, dejar de enfriar en el desecador y determinar la masa de material grueso seco y el recipiente. Restando la masa del recipiente se obtiene la masa del material grueso.
9. En caso de que exista mas del 10% de grava (i.e. material mayor a 4.75 mm) se debe separar manualmente las partículas grandes a través de los tamices 3", 2", 1", ¾", ½", 3/8", ¼" y registrar las masas retenidas.
10. Verificar que los tamices N°.4, N°10, N°30, N°50, N°100, N°200 Y la bandeja se encuentren limpios y libres de partículas retenidas entre la malla.

**LM CENCONSE E.I.R.L.**

*Luis López Mendoza*  
ING. CIVIL COT. N° 75233  
JEFE LABORATORIO  
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

11. Colocar el suelo restante en la máquina de tamizado, verificando que los tamices N°4, N°10, N°30, N°50, N°100, N°200 y la bandeja estén apilados en ese orden en los tamices.
12. Verte el material retenido en cada tamiz, empezando por el tamiz de mayor abertura, en un recipiente y determinar las masas de suelo retenido en cada uno de los tamices, utilizando la opción "tara de la balanza. Es importante no perder ninguna partícula de suelo. Es común que aparezcan partículas retenidas en la malla del tamiz, cuando esto sucede, se debe limpiar con el cepillo por la parte inferior de la malla, teniendo cuidado que las partículas caigan dentro del recipiente. Si el tamizado no fue adecuadamente realizado, algunas partículas podrán caer del tamiz sobre el papel. En tal caso, colocar este material en el tamiz siguiente antes de su pesaje.

#### CONCLUSIONES

- Los datos y muestras fueron proporcionadas por el solicitante en el laboratorio de suelos y concreto LM CENCONSE E.I.R.L.
- La muestra dio como resultado una (ARENA MAL GRADUADA LIGERAMENTE LIMOSA) (SP-SM) arena mediana, como lo muestra en el análisis granulométrico en los anexos.

#### ANEXOS

- ENSAYOS DE LABORATORIO

**LM CENCONSE E.I.R.L.**


*Luis López Mendoza*  
ING. CIVIL CIP N° 75233  
JEFE LABORATORIO  
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO



*Centro de Servicios,  
consultoría y ejecuciones de obras públicas y privadas  
Carretera Fernando Belaunde Terry Km. 493.50, Moyobamba - Perú*

## • ENSAYOS DE LABORATORIO





**LM CENCONSE**  
CONSULTORES E INGENIEROS

Centro de Servicios,  
consultoría y ejecuciones de obras públicas y privadas  
Carretera Fernando Belaunde Terry Km. 493.50, Moyobamba - Perú

---

**LAB. DE MECANICA DE SUELOS**

---

**Proyecto:** "Evaluación del proceso de sedimentación de sólidos totales de las aguas residuales en alcantarillas combinadas, Moyobamba."

**SOLICITANTE:** Bach. Bany Luz Cuspe Burga

**UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO:** Av. Ignacia Velasquez, Shango, Moyobamba

**MATERIAL:** ARENA MAL GRADUADA LIGERAMENTE LIMOSA

**MUESTRA:** -

**Hecho Por:** Ing. Luis Lopez Mendoza CIP: 75233 **Fecha:** 04/09/2020

---

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM-D6913 - N.T.P. 339.128**

Tamices	Peso	% Retenido	% Retenido	% Que	Composición Granulométrica %
Ø (mm)	Retenido	Parcial	Acumulado	Pasa	
Tamiz 5"	127.00				GRAVA 2.22%
Tamiz 4"	101.60				ARENA 86.24%
Tamiz 3"	76.20				LIMOS Y ARCILLAS 11.54%
Tamiz 2"	60.80				
Tamiz 1 1/2"	38.10				
Tamiz 1"	25.40				
Tamiz 3/4"	19.050				
Tamiz 1/2"	12.700				
Tamiz 3/8"	9.525				
Tamiz 1/4"	6.350	7.40	1.48%	1.48%	
Nº 4	4.750	3.69	0.74%	2.22%	
Nº 8	2.360	9.55	1.91%	4.13%	
Nº 10	2.000	2.87	0.57%	4.70%	
Nº 16	1.190	9.29	1.86%	6.56%	
Nº 20	0.840	13.87	2.73%	9.29%	
Nº 30	0.600	50.81	10.16%	19.45%	
Nº 40	0.420	154.57	30.91%	50.36%	
Nº 50	0.297	6.47	1.29%	51.65%	
Nº 60	0.250	49.99	9.82%	61.47%	
Nº 80	0.177	119.38	23.07%	84.54%	
Nº 100	0.149	13.42	2.68%	87.22%	
Nº 200	0.074	8.01	1.20%	88.42%	
Fondo	0.07	57.70	11.54%	100.00%	
<b>TOTAL</b>		<b>500.00</b>			

**Descripción Muestra:** Grupo: SUELO DE PARTICULAS GRUESAS Sub-Grupo: arenas

**ARENA MAL GRADUADA LIGERAMENTE LIMOSA**

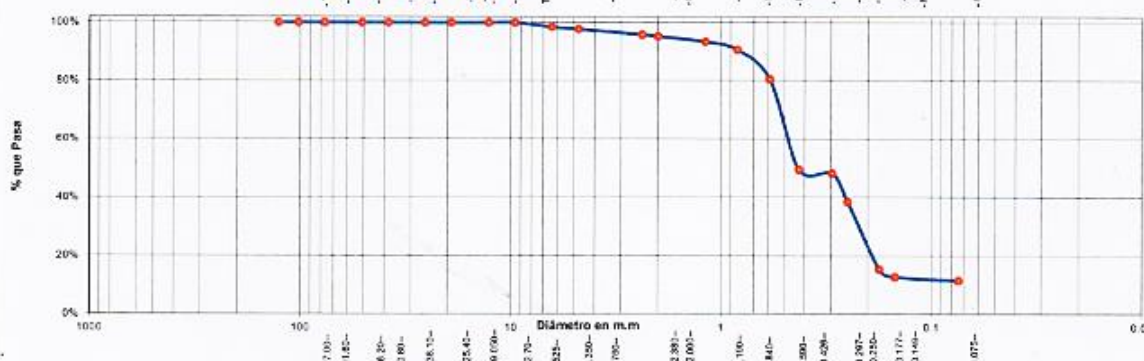
SUCS =	SP-SM	AASHTO =	A-1-b(1)
LL	=	WT	= 50.00
LP	=	WT+SAI	= 550.00
IP	=	WSAI	= 500.00
IG	= 1	WT+SDL	= 492.30
D	90=	WSDL	= 29.00
D	60=	% Finos	= 11.54
D	30=	% ERR.	=
D	10=	Cc	=
		Cu	=

**Descripción del Suelo Ensayado:**  
 Arena mal graduada ligeramente limosa de color negro (arena mediana) con de 2.22% de grava, 86.24% de arena y 11.54% de finos (limos y arcillas) no presenta límites de consistencia.

**% de Humedad Natural de la muestra ensayada**

Número de taro =	Peso del agua =
Peso del taro =	Peso suelo húmedo =
Peso del taro + Mh =	Peso suelo seco =
Peso del taro + Ms =	% Humedad Muestra =

**Curva Granulométrica**



Diámetro en mm	125	100	75	60	47.5	37.5	30	25	20	15	12.5	10	7.5	6.3	5	4.75	3.75	3	2.5	2	1.5	1.25	1	0.85	0.75	0.6	0.5	0.425	0.375	0.3	0.25	0.2	0.175	0.15	0.125	0.106	0.075
Tamiz	5"	4"	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	Nº 4	Nº 8	Nº 10	Nº 16	Nº 20	Nº 30	Nº 40	Nº 50	Nº 60	Nº 80	Nº 100	Nº 200															

Padres mayores 3"	GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA
Clasificación - ASTM				
Clasificación - AASHTO	GRAN COLETA	GRAN LIMA	ARENA GRUESA	ARENA MEDA

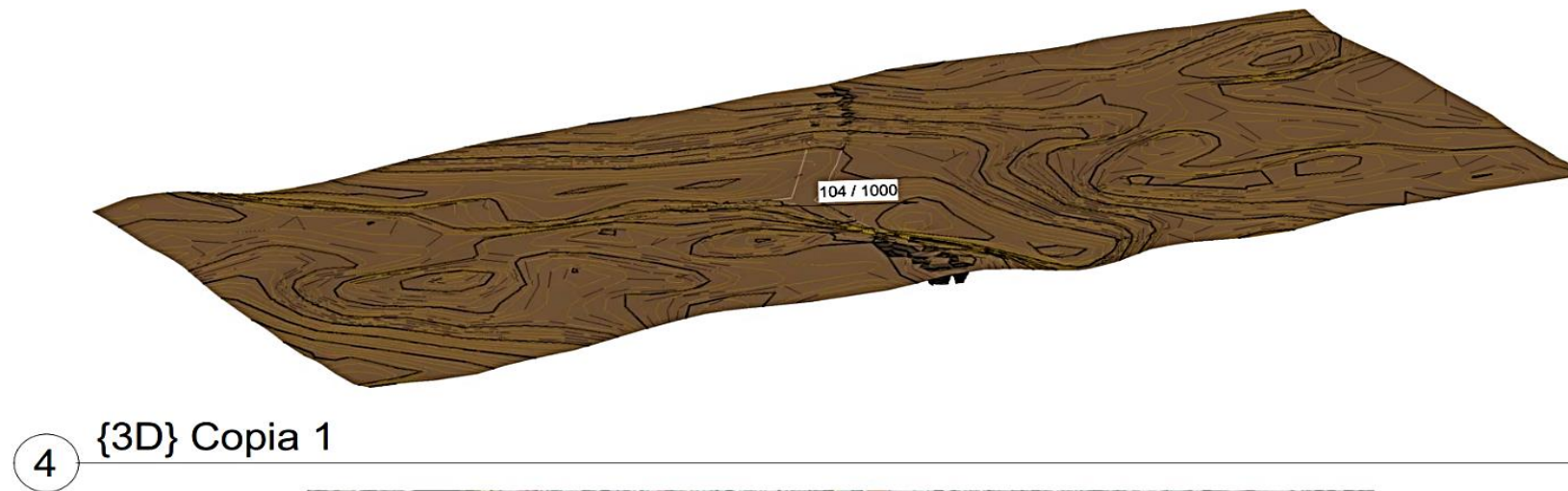
LM CENCONSE E.I.R.L.

Luis López Mendoza  
ING. CIVIL CIP N° 75233  
JEFE LABORATORIO  
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO





# Anexo 05: plano de curvas de nivel



## Curvas de nivel

Proceso de sedimentación de sólidos totales en relación al estado de las redes de alcantarillado pluvial, Moyobamba

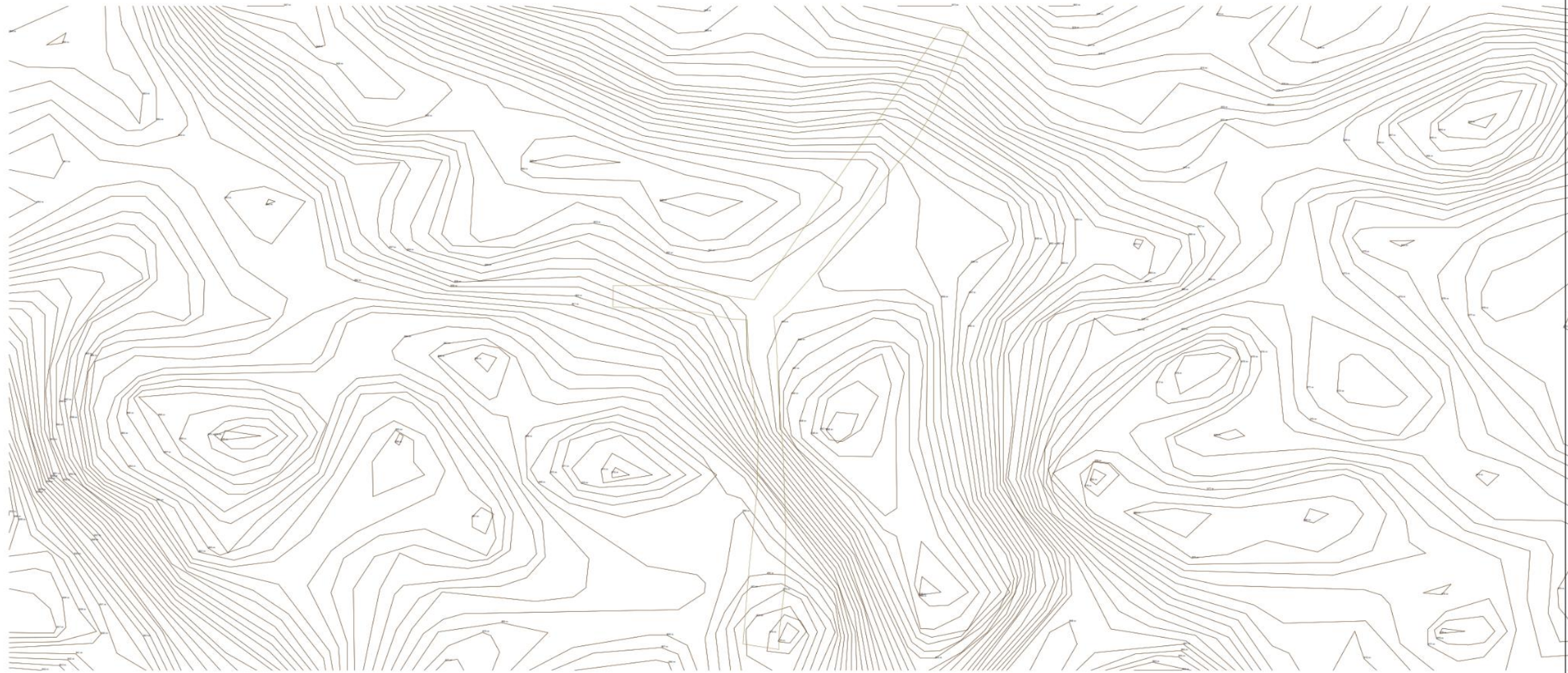
No.	Description	Date
1	Zona de estudio	

Bany Luz Quispe Burga  
Ingeniería Sanitaria

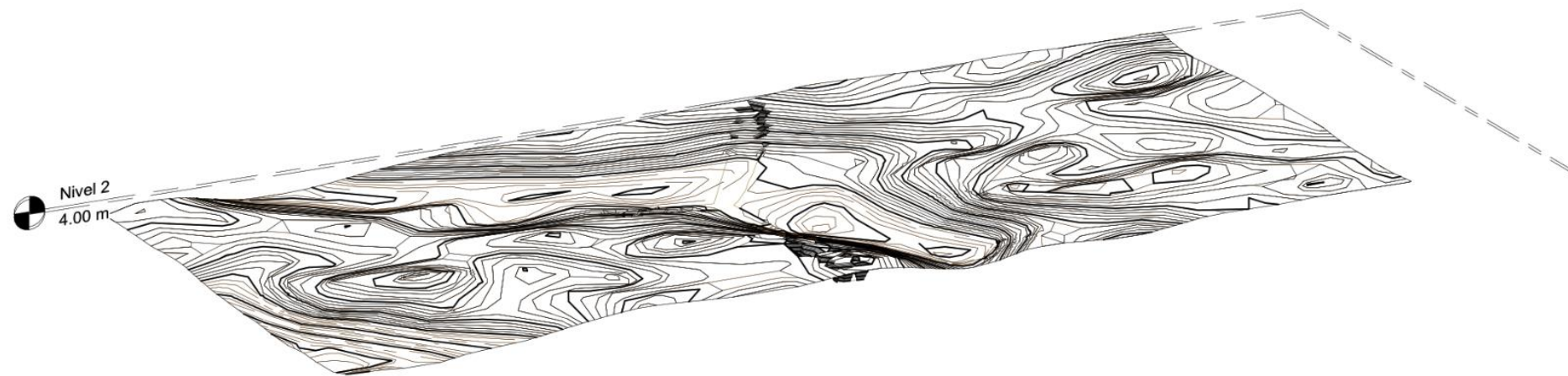
## Curvas de nivel

Project number	0001
Date	Diciembre 2020
Drawn by	Bany Quispe
Checked by	UNSM-T
A102	
Scale	Como se indica





1 Nivel 1  
1 : 3000



2 {3D}



## Curvas de nivel

Proceso de sedimentación de sólidos totales en relación al estado de las redes de alcantarillado pluvial, Moyobamba

No.	Description	Date

Bany Luz Quispe Burga  
Ingeniería Sanitaria

## Curvas de nivel

Project number	0001
Date	Diciembre 2020
Drawn by	Bany Quispe
Checked by	UNSM - T
A103	
Scale	1 : 3000



### Anexo 06: Datos de precipitaciones del SENAMHI

Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Total	Media	D. S.	
Años																MAX
1980	80,8	41,6	24,7	46,8	7,3	15,2	13,4	8,5	11,8	27,0	14,4	18,2	309,7	25,8	21,3	80,8
1981	18,4	16,6	43,1	9,8	8,2	9,6	10,0	7,0	9,5	6,8	6,2	8,6	153,8	12,8	10,2	43,1
1982	9,6	5,1	49,8	6,2	5,6	10,0	10,4	9,7	7,4	7,6	6,8	7,7	135,9	11,3	12,2	49,8
1983	5,8	30,2	8,2	5,4	4,8	5,1	6,0	3,2	7,4	30,6	26,0	25,2	157,9	13,2	11,1	30,6
1984	8,4	6,5	9,4	6,4	6,7	9,0	2,8	8,8	4,9	24,8	38,6	24,2	150,5	12,5	10,8	38,6
1985	20,5	20,2	30,6	23,8	30,6	8,7	28,4	34,9	37,5	22,4	16,8	24,6	299,0	24,9	8,1	37,5
1986	6,7	30,6	29,3	39,0	36,4	5,4	18,8	26,8	15,4	14,3	76,3	23,2	322,2	26,9	18,9	76,3
1987	30,4	39,2	70,2	32,6	10,2	4,5	18,8	29,2	22,0	69,0	27,9	14,5	368,5	30,7	20,7	70,2
1988	20,6	38,6	26,8	24,0	14,2	2,8	8,4	55,0	38,5	41,0	28,4	36,0	334,3	27,9	15,0	55,0
1989	30,4	28,4	28,9	34,0	23,5	13,5	6,4	10,8	23,0	70,8	83,8	4,1	357,6	29,8	24,4	83,8
1990	23,9	65,4	19,2	21,1	42,2	25,0	31,5	31,1	32,5	40,6	37,2	35,8	405,5	33,8	12,4	65,4
1991	22,8	33,4	44,8	40,8	19,1	40,6	10,0	42,1	30,6	22,8	26,2	17,1	350,3	29,2	11,3	44,8
1992	20,7	23,0	72,4	29,4	10,9	8,1	44,6	23,7	11,3	27,4	39,5	36,0	347,0	28,9	17,8	72,4
1993	30,6	38,5	55,3	30,3	17,8	13,9	8,4	19,4	27,8	38,6	34,4	52,6	367,6	30,6	14,5	55,3
1994	30,7	30,0	33,1	83,6	17,2	20,3	22,5	15,8	20,2	30,8	48,2	43,9	396,3	33,0	18,9	83,6
1995	25,6	14,0	33,9	20,5	12,1	28,0	9,3	13,8	45,4	18,3	15,6	37,0	273,5	22,8	11,3	45,4
1996	38,8	49,5	19,7	20,8	45,0	23,0	5,8	22,3	24,1	35,5	77,0	47,6	409,1	34,1	19,0	77,0
1997	33,4	46,5	17,2	19,1	32,2	16,5	18,8	22,4	25,1	31,0	54,2	48,1	364,5	30,4	13,0	54,2
1998	45,4	20,0	35,0	34,4	75,8	15,3	9,7	14,6	24,3	59,9	13,2	20,1	367,7	30,6	20,6	75,8
1999	51,0	35,2	29,4	17,8	66,1	28,5	12,8	31,3	10,7	85,0	77,7	26,4	471,9	39,3	25,0	85,0
2000	38,9	49,7	27,6	47,2	10,4	9,4	22,2	23,4	35,9	30,2	12,4	46,5	353,8	29,5	14,4	49,7
2001	25,9	57,6	33,0	47,2	31,1	19,1	15,0	56,0	37,4	51,5	27,3	40,6	441,7	36,8	14,1	57,6
2002	18,2	19,3	56,1	31,8	18,5	18,4	56,4	6,1	7,5	12,5	51,7	28,5	325,0	27,1	18,2	56,4
2003	39,6	36,0	31,4	5,9	93,9	26,2	12,1	20,2	39,9	41,5	25,3	62,5	434,5	36,2	23,5	93,9
2004	13,0	47,6	15,1	16,1	57,5	9,1	13,5	14,8	39,3	23,7	75,3	19,3	344,3	28,7	21,3	75,3
2005	27,1	50,0	21,0	38,6	17,4	14,2	16,1	6,5	22,8	30,8	52,8	56,1	353,4	29,5	16,4	56,1
2006	30,4	38,4	32,8	10,8	12,0	10,0	26,1	32,2	21,7	34,6	29,0	37,5	315,5	26,3	10,3	38,4
2007	17,2	13,7	18,8	44,6	46,2	6,9	19,7	32,4	S/D	36,6	S/D	S/D	236,1	26,2	14,1	46,2



	S/D	S/D	S/D	6,2	417,0	109,4	302,4	136,3	93,4	55,4	194,4	35,2	1349,7	150,0	134,3	417,0
	102,1	97,5	134,7	237,2	137,3	230,6	225,3	115,6	112,5	153,0	102,7	65,0	1713,5	142,8	57,7	237,2
	51,4	178,0	78,0	297,4	198,8	242,6	48,6	74,5	117,0	99,8	92,4	136,6	1615,1	134,6	79,0	297,4
	103,8	95,0	85,2	127,2	228,8	268,9	211,4	172,1	234,2	136,5	89,3	240,3	1992,7	166,1	67,8	268,9
	203,5	148,6	239,8	310,6	198,9	137,9	186,2	194,3	159,0	187,9	87,8	143,5	2198,0	183,2	56,2	310,6
	115,2	129,8	134,4	243,1	191,0	220,0	167,9	139,1	155,7	144,3	93,1	146,4	1879,9	156,7	43,0	243,1
<b>Total</b>	1340,8	1573,7	1588,9	2009,7	2144,7	1625,7	1619,7	1453,9	1505,7	1742,5	1588,8	1462,5	19656,6	-	-	
<b>Media</b>	40,6	47,7	48,1	59,1	63,1	47,8	47,6	42,8	45,6	51,3	49,7	45,7	-	49,1	-	
<b>D. S.</b>	40,1	39,9	46,0	83,1	88,9	76,7	75,3	49,6	52,9	44,3	38,9	46,8	-	18,6	-	
<b>Max</b>	203,5	178,0	239,8	310,6	417,0	268,9	302,4	194,3	234,2	187,9	194,4	240,3	-	417,0	-	
<b>Min</b>	5,8	5,1	8,2	5,4	4,8	2,8	2,8	3,2	4,9	6,8	6,2	4,1	-	2,8	-	

## Anexo 07: Datos de pre dimensionamiento de alcantarilla pluvial

MEMORIA DE CALCULO INSTALACIONES SANITARIAS- DRENAJE PLUVIAL					
PROYECTO:		"DIMENSIONAMIENTO DE ESTRUCTURA HIDRAULICA PARA ALCANTARILLA PLUVIAL EN LA AV. IGNACIA VELASQUEZ - MOYOBAMBA - SAN MARTIN"			
UBICACIÓN:					
LOCALIDAD: MOYOBAMBA		PROVINCIA: MOYOBAMBA			
DISTRITO: MOYOBAMBA		REGIÓN: SAN MARTÍN			
01. DIMENSIONES DE CUNETAS					
N° DRENAJE	DESCRIPCION				OBSERVACIONES
DRENAJE N° 01					
CUNETA N° 01					
	s =	1,00%			
Longitud	Cota	Cota de Fondo	Altura		
0,00	873,00	851,00	22,00		
250,00	873,00	848,50	24,50	ALTO	
CUNETA N° 02					
	s =	0,50%			
Longitud	Cota	Cota de Fondo	Altura		
0,00	851,00	850,00	1,00	MEDIO	
150,00	851,00	849,25	1,75		
CUNETA N° 03					
	s =	0,50%			
Longitud	Cota	Cota de Fondo	Altura		
0,00	852,00	850,00	2,00		
100,00	852,00	849,50	2,50	BAJO	



### MEMORIA DE CALCULO INSTALACIONES SANITARIAS- DRENAJE PLUVIAL

**PROYECTO:**

"DIMENSIONAMIENTO DE ESTRUCTURA HIDRAULICA PARA ALCANTARILLA PLUVIAL EN LA AV. IGNACIA VELASQUEZ - MOYOBAMBA - SAN MARTIN"

**UBICACIÓN:**

LOCALIDAD: MOYOBAMBA

PROVINCIA: MOYOBAMBA

DISTRITO: MOYOBAMBA

REGIÓN: SAN MARTÍN

**3.0 CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CUNETAS**
**03.01. CUNETA 01**

Se opto por verificar el tirante de agua "Y" para los caudales de cada área tributaria con el dimensionamiento de las cunetas y/o canales. Esta verificación se realizo en el software "Hcanales". El cual utiliza la ecuacion de manning.

$$Q = \frac{1.486 R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

$$Q_{\text{maximo}} = 2,4767 \text{ m}^3/\text{s}$$

**CUNETA 01:**

$$Q = 2,4767 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$S = 0,0100 \text{ m/m}$$

$$n = 0,014$$

$$b = 0,7 \text{ m}$$

$$y = 1,025 \text{ m}$$

$$Y_{\text{calculado}} = 1,03 \text{ m}$$

$$Y_{\text{proyectado}} = 1,20 \text{ m}$$

DIMENSIONAMIENTO CORRECTO


<b>Lugar:</b> AV. IGNACIA VELASQUEZ	<b>Proyecto:</b> ALCANTARILLA PLUVIAL
<b>Tamaño:</b> CUADRIA 1 - 2 Y 3	<b>Revestimiento:</b> CONCRETO

<b>Datos:</b>	
Caudal (Q): 2,4767 m³/s	
Ancho de zanja (b): 0,7 m	
Talud (Z):	
Rugosidad (n): 0,014	
Pendiente (S): 0,01 m/m	

<b>Resultados:</b>	
Tirante normal (y): 1,1052 m	Perímetro (P): 3,0703 m
Área hidráulica (A): 0,8204 m²	Radio hidráulico (R): 0,2702 m
Espesor de agua (T): 0,7000 m	Velocidad (v): 2,9854 m/s
Número de Froude (F): 0,8793	Energía específica (E): 1,0254 m³/peso
Tipo de flujo: Subcrítico	


**03.02. CUNETA 02**

Se opto por verificar el tirante de agua "Y" para los caudales de cada área tributaria con el dimensionamiento de las cunetas y/o canales. Esta verificación se realizo en el software "Hcanales". El cual utiliza la ecuacion de manning.

$$Q = \frac{1.486 R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

$$Q_{\text{maximo}} = 2,476715 \text{ m}^3/\text{s}$$

**CUNETA 02:**

$$Q = 2,4767150 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$S = 0,0050 \text{ m/m}$$

$$n = 0,014$$

$$b = 0,9 \text{ m}$$

$$y = 1,024 \text{ m}$$

$$Y_{\text{calculado}} = 1,02 \text{ m}$$

$$Y_{\text{proyectado}} = 1,15 \text{ m}$$

DIMENSIONAMIENTO CORRECTO


<b>Lugar:</b> AV. IGNACIA VELASQUEZ	<b>Proyecto:</b> ALCANTARILLA PLUVIAL
<b>Tamaño:</b> CUADRIA 1 - 2 Y 3	<b>Revestimiento:</b> CONCRETO

<b>Datos:</b>	
Caudal (Q): 2,4767 m³/s	
Ancho de zanja (b): 0,9 m	
Talud (Z):	
Rugosidad (n): 0,014	
Pendiente (S): 0,005 m/m	

<b>Resultados:</b>	
Tirante normal (y): 1,1553 m	Perímetro (P): 3,2107 m
Área hidráulica (A): 1,0398 m²	Radio hidráulico (R): 0,3238 m
Espesor de agua (T): 0,9000 m	Velocidad (v): 2,3015 m/s
Número de Froude (F): 0,7075	Energía específica (E): 1,4445 m³/peso
Tipo de flujo: Subcrítico	



03.03.

**CUNETA 03**

Se optó por verificar el tirante de agua "Y" para las caudales de cada área tributaria con el dimensionamiento de las cunetas y/o canales. Esta verificación se realizó en el software "Hcanales". El cual utiliza la ecuación de Manning.

$$Q = \frac{1.486 A R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

**Qmaximo= 2,4767 m3/s**

**CUNETA 03:**

**Q= 2,4767 m3/s**

**S= 0,0050 m/m**

**n= 0,014**

**b= 0,9 m**

**y= 1,024 m**

**Ycalculado 1,02 m**

**Yproyectado 1,15 m**

**DIMENSIONAMIENTO CORRECTO**

<b>Lugar:</b>	AV. IGACIA VELASQUEZ	<b>Proyecto:</b>	ALCANTARILLA PLUVIAL
<b>Trama:</b>	CUADRA 1 - 2 Y 3	<b>Revestimiento:</b>	CONCRETO

<b>Datos:</b>	
Caudal (Q):	2,4767 m3/s
Ancho de solera (b):	0,9 m
Talud (Z):	
Rugosidad (n):	0,014
Pendiente (S):	0,005 m/m

<b>Resultados:</b>			
Tirante normal (y):	1,1023 m	Perímetro (p):	3,2107 m
Área hidráulica (A):	1,0298 m2	Radio hidráulico (R):	0,3229 m
Espejo de agua (H):	0,9000 m	Velocidad (v):	2,3819 m/s
Número de Froude (F):	0,7075	Energía específica (E):	1,4445 mKp/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico		

